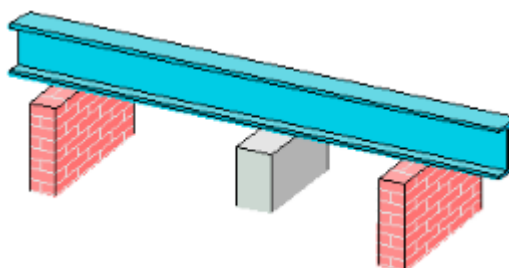


t342 – Двухосный изгиб стальной балки с кручением

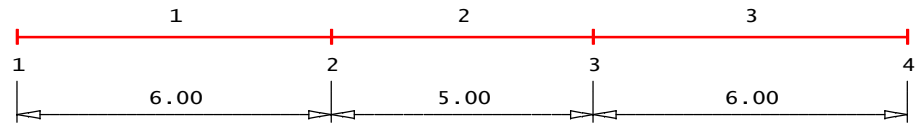


Программа предназначена для расчёта внутренней прочности и устойчивости многопролетной балки, при произвольном нагружении и закреплении. Расчет производится с учетом растяжения-сжатия, изгиба в двух плоскостях, свободного и стесненного кручения. Возможно задание любых типов закреплений и шарниров: жестких и/или упругих, накладываемых на любую из 7-и степеней свободы. В качестве нагрузок задаются распределенные силы и моменты, а также сосредоточенные силы, моменты и бимомент. Рассчитываются внутренние силовые факторы по упругой теории, критическая нагрузка и форма потери устойчивости.

Сечение балки - прокатный двутавр, швеллер или короб. Проверка прочности и устойчивости производится на основании СП 16.13330.2017.

Расчётная схема

М = 1 : 144


 Длины пролётов [м] $l_1 = 6.00$ $l_2 = 5.00$ $l_3 = 6.00$
Жёсткое закрепление

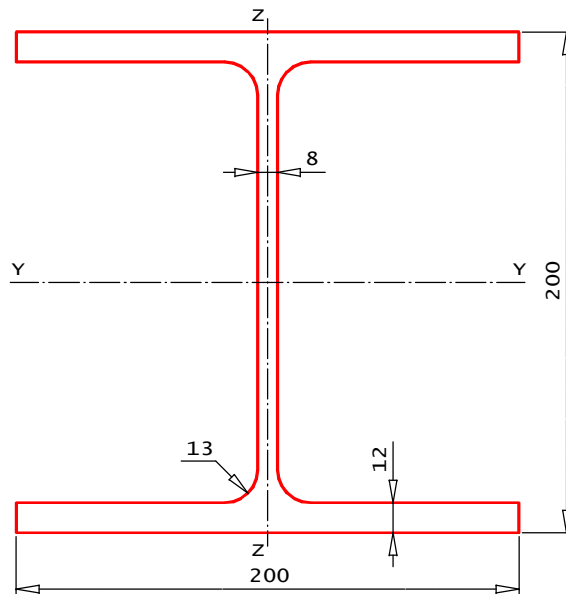
№ опоры	Степени свободы						Точка закрепления y[см] z[см]
	X	Y	Z	R _x	R _y	R _z	
1	+	+	+	+			0.0 0.0
2		+	+	+			0.0 0.0
3			+	+			0.0 0.0
4			+	+			0.0 0.0

Сечение

М = 1 : 3

двутавр колонный, ГОСТ Р 57837-2017

I 20K2



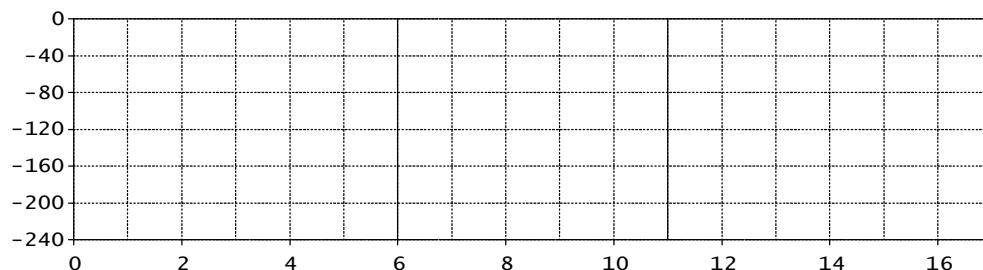
Площадь	A =	63.53	см ²
Главные моменты инерции	$I_y =$	4716	см ⁴
	$I_z =$	1602	см ⁴
Геометрическая жёсткость на кручение	$I_t =$	30	см ⁴
Секториальный момент инерции	$I_\omega =$	139380	см ⁶
Координаты центра кручения	$y_m =$	-0.0	см
	$z_m =$	-0.0	см
Линейная плотность		49.9	кг/м
Дополнительные параметры	$i_m =$	10.0	см
	$r_y =$	0.0	см
	$r_z =$	0.0	см
	$r_\varphi =$	0.0	см

Материал

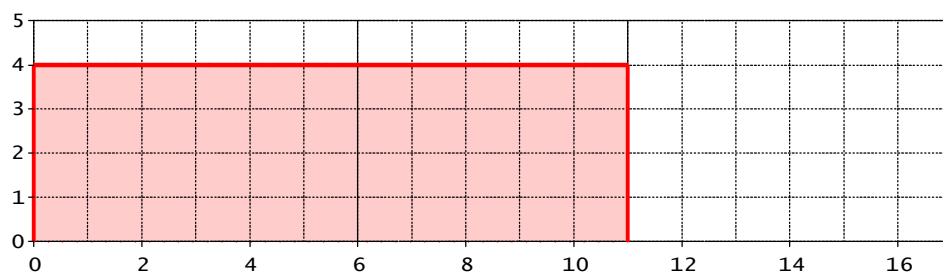
Модуль упругости	E	$= 2.06 \cdot 10^5$	МПа
Модуль сдвига	G	$= 7.9 \cdot 10^4$	МПа
Коэфф. линейного расширения	α	$= 1.2 \cdot 10^{-5}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
Расчетное сопротивление	R_y	$= 270.0$	МПа
Коэффициент условий работы	γ_c	$= 1.00$	

Нагружение

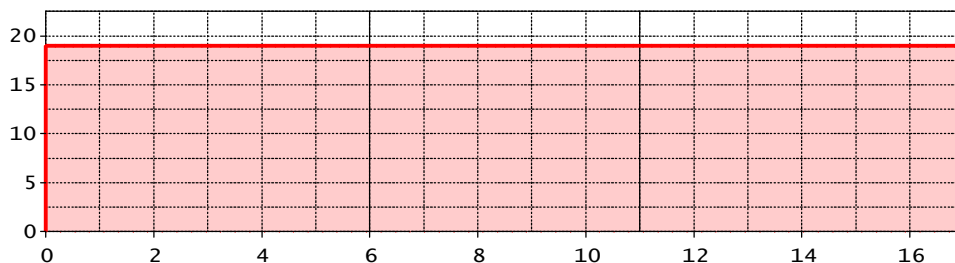
Нагрузка вдоль оси X, [кН]



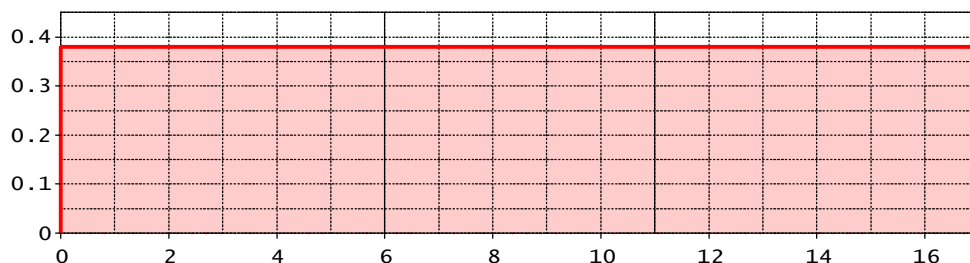
Нагрузка вдоль оси Y, [кН/м]



Нагрузка вдоль оси Z, [кН/м]



Моменты вокруг оси X, [кНм/м]



Равномерно распределённая нагрузка

От пролёта	До пролёта	Направл.	p [кН/м]	y [см]	z [см]
1	3	Z	19.00	2.0	10.0
1	2	Y	4.00	0.0	0.0

Сосредоточенная нагрузка

№ пролёта	x [м]	Направл.	Нагрузка	y [см]	z [см]
3	6.00	X	-200.00 кН	0.0	0.0

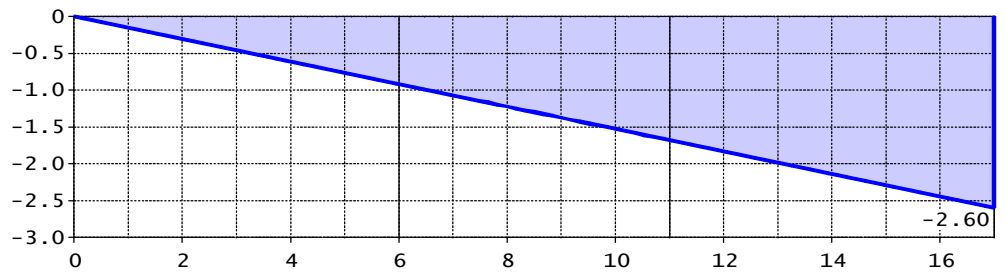
В нагружении балки собственный вес не учитывается
по линейной теории

Расчёт

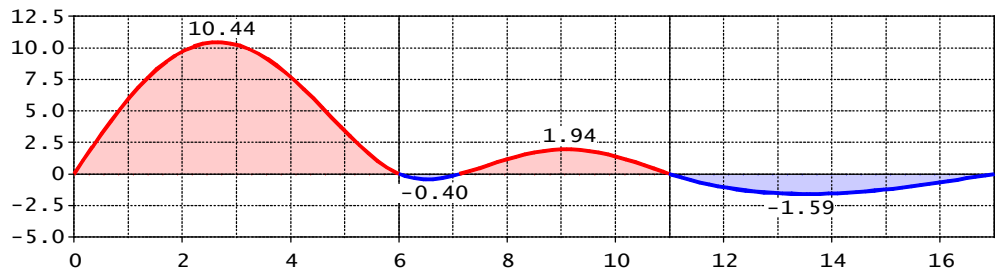
Реакции опор

Опора	R_x [кН]	R_y [кН]	R_z [кН]	M_x [кНм]
1	200.00	-9.50	-47.00	-1.01
2	0.00	-27.04	-114.50	-2.22
3	0.00	-7.84	-114.50	-2.22
4	0.00	0.38	-47.00	-1.01

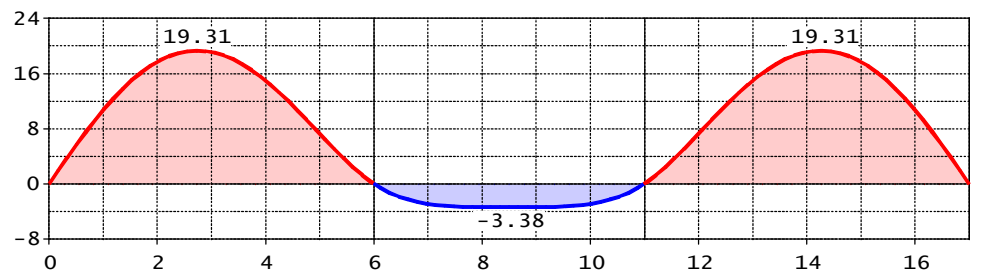
Перемещение u , [мм]



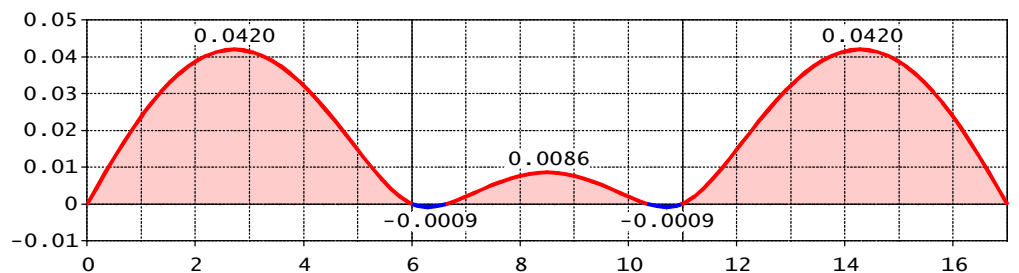
Перемещение v , [мм]



Перемещение w , [мм]



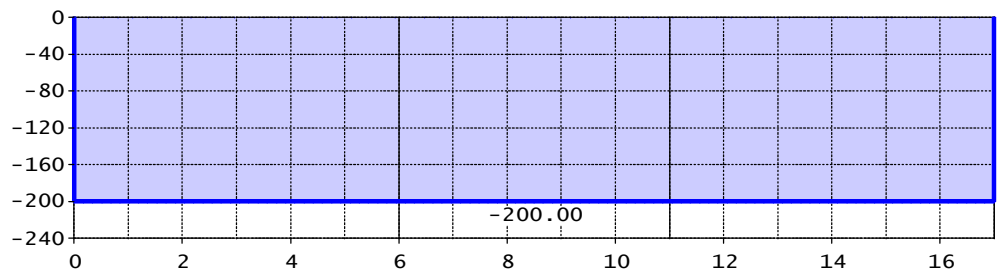
Угол поворота сечения θ , [рад]



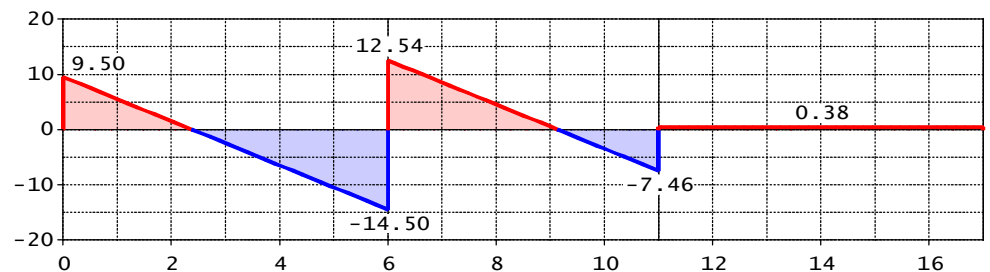
Перемещения

x [м]	u [мм]	v [мм]	w [мм]	θ [рад]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
1.00	-0.15	5.94	10.70	0.0237
2.00	-0.31	9.71	17.71	0.0387
2.64	-0.40	10.44	19.29	0.0419
2.70	-0.41	10.44	19.31	0.0420
3.00	-0.46	10.24	19.11	0.0415
4.00	-0.61	7.69	14.96	0.0322
5.00	-0.76	3.42	7.27	0.0147
6.00	-0.92	0.00	0.00	0.0000
6.31	-0.96	-0.37	-1.36	-0.0009
6.49	-0.99	-0.42	-1.92	-0.0006
7.00	-1.07	-0.14	-2.90	0.0020
8.00	-1.22	1.16	-3.37	0.0077
8.50	-1.30	1.69	-3.38	0.0086
8.81	-1.35	1.88	-3.38	0.0082
9.00	-1.38	1.93	-3.37	0.0077
9.12	-1.39	1.94	-3.36	0.0072
10.00	-1.53	1.40	-2.90	0.0020
10.69	-1.63	0.45	-1.36	-0.0009
11.00	-1.68	0.00	0.00	0.0000
12.00	-1.83	-1.05	7.27	0.0147
13.00	-1.99	-1.53	14.96	0.0322
13.54	-2.07	-1.59	17.80	0.0385
14.00	-2.14	-1.55	19.11	0.0415
14.30	-2.19	-1.49	19.31	0.0420
15.00	-2.29	-1.23	17.71	0.0387
16.00	-2.45	-0.67	10.70	0.0237
17.00	-2.60	0.00	0.00	0.0000

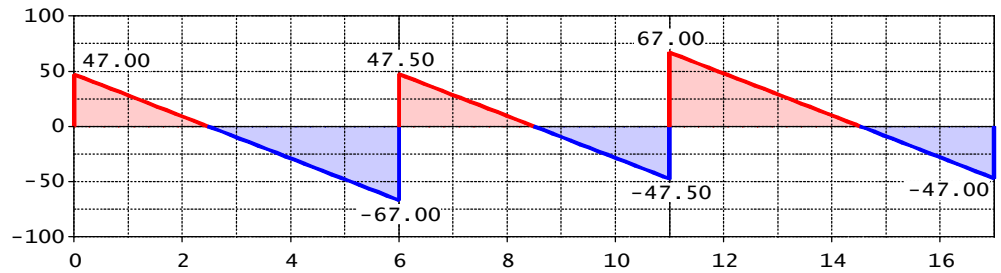
Продольная сила N, [кН]



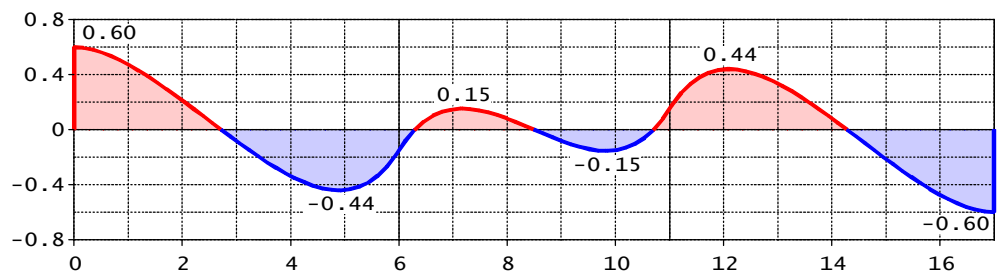
Поперечная сила Qy, [кН]



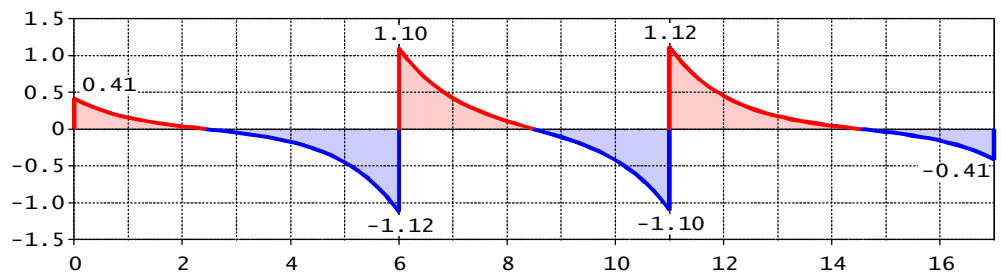
Поперечная сила Q_z , [кН]



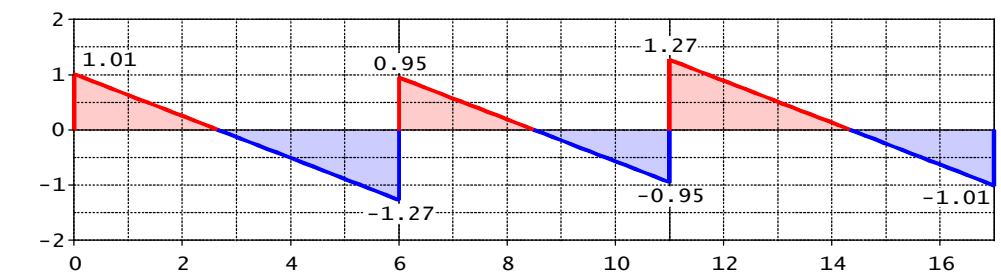
Крутящий момент чистого кручения M_t , [кНм]



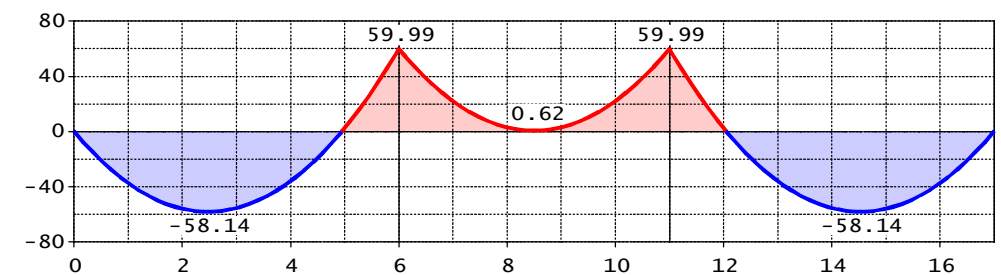
Крутящий момент стеснённого кручения M_h , [кНм]

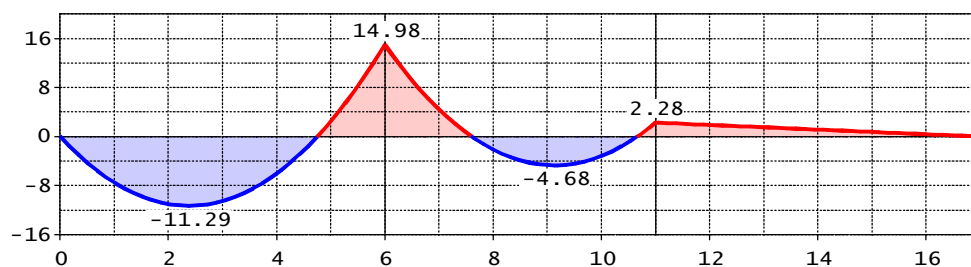
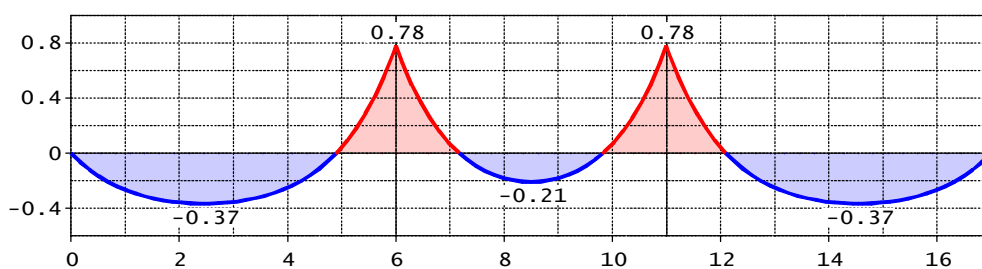


Крутящий момент M_x , [кНм]



Изгибающий момент M_y , [кНм]



Изгибающий момент M_z , [кНм]

 Бимомент, [кНм²]


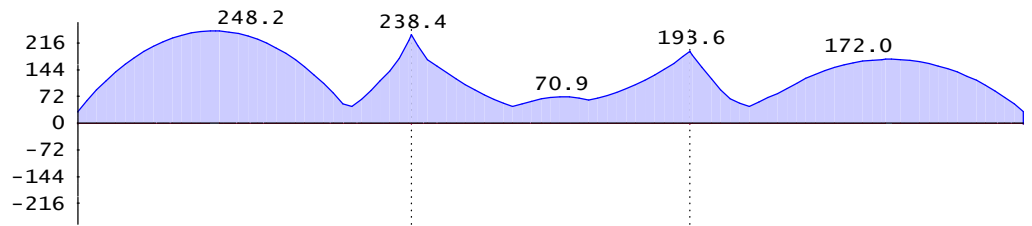
Внутренние усилия

x [м]	N [кН]	Qy [кН]	Qz [кН]	Mx [кНм]	My [кНм]	Mz [кНм]	B [кНм ²]
0.00	-200.00	9.50	47.00	1.01	0.00	0.00	0.00
1.00	-200.00	5.50	28.00	0.63	-37.50	-7.50	-0.27
2.00	-200.00	1.50	9.00	0.25	-56.00	-11.01	-0.36
2.38	-200.00	0.00	1.86	0.11	-58.04	-11.29	-0.37
2.47	-200.00	-0.39	0.00	0.07	-58.14	-11.27	-0.37
3.00	-200.00	-2.50	-10.00	-0.13	-55.50	-10.51	-0.35
4.00	-200.00	-6.50	-29.00	-0.51	-36.01	-6.01	-0.25
5.00	-200.00	-10.50	-48.00	-0.89	2.49	2.49	0.04
6.00	-200.00	-14.50	-67.00	-1.27	59.99	14.98	0.78
6.00		12.54	47.50	0.95			
7.00	-200.00	8.54	28.50	0.57	21.99	4.44	0.07
8.00	-200.00	4.54	9.50	0.19	2.99	-2.10	-0.18
8.50	-200.00	2.54	0.00	0.00	0.62	-3.87	-0.21
9.00	-200.00	0.54	-9.50	-0.19	2.99	-4.64	-0.18
9.14	-200.00	0.00	-12.07	-0.24	4.45	-4.68	-0.16
10.00	-200.00	-3.46	-28.50	-0.57	21.99	-3.18	0.07
11.00	-200.00	-7.46	-47.50	-0.95	59.99	2.28	0.78
11.00		0.38	67.00	1.27			
12.00	-200.00	0.38	48.00	0.89	2.49	1.90	0.04
13.00	-200.00	0.38	29.00	0.51	-36.01	1.52	-0.25
14.00	-200.00	0.38	10.00	0.13	-55.50	1.14	-0.35
14.53	-200.00	0.38	0.00	-0.07	-58.14	0.94	-0.37
15.00	-200.00	0.38	-9.00	-0.25	-56.00	0.76	-0.36
16.00	-200.00	0.38	-28.00	-0.63	-37.50	0.38	-0.27
17.00	-200.00	0.38	-47.00	-1.01	0.00	0.00	0.00

Расчет на прочность

Напряжения
M = 1 : 136

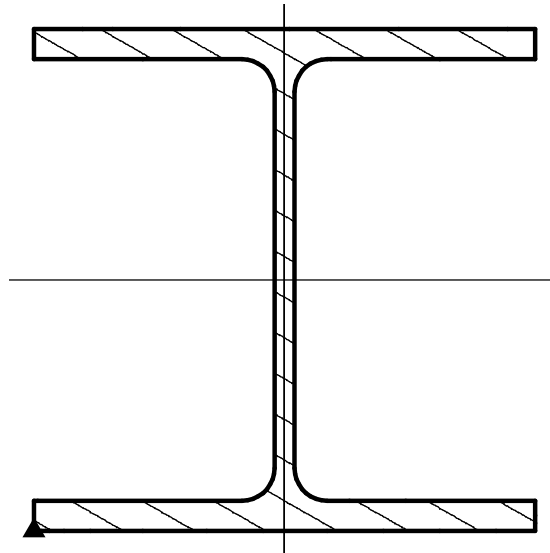
балки 1-го класса по п. 8.2.1 СП 16.13330.2017.
нормальные σ_x [МПа]



Максимум нормальных напряжений по формуле (43)
достигается в сечении с координатой $x = 2.47\text{м}$
 $\sigma_x / (R_y * \gamma_c) = 0.92$ условие выполнено

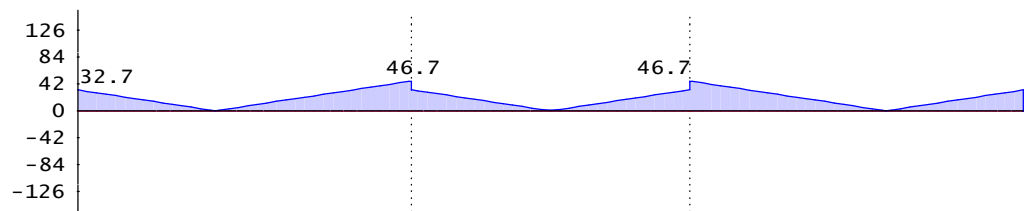
M = 1 : 3

Нормальные напряжения в сечении $x = 2.47\text{м}$



Напряжения
M = 1 : 136

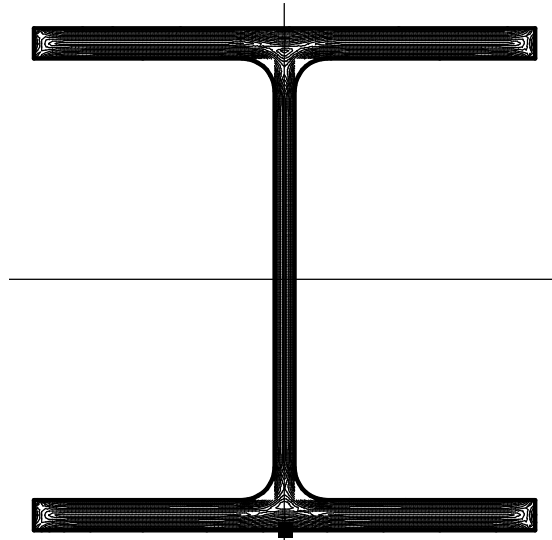
касательные τ [МПа]



Максимум касательных напряжений по формуле (42)
с учетом двухосного изгиба и стенового кручения
достигается в сечении с координатой $x = 2.47\text{м}$
 $\tau / (R_s * \gamma_c) = 0.30$ условие выполнено

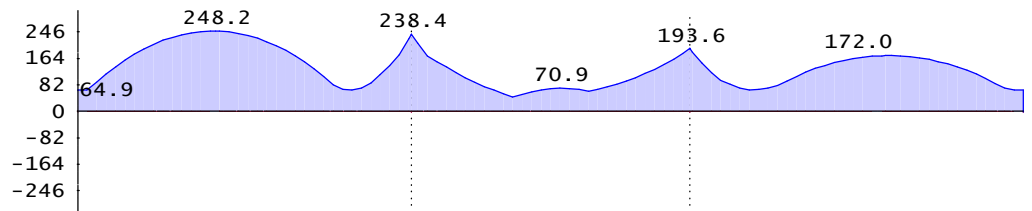
M = 1 : 3

Касательные напряжения в сечении $x = 2.47\text{м}$



Напряжения
M = 1 : 136

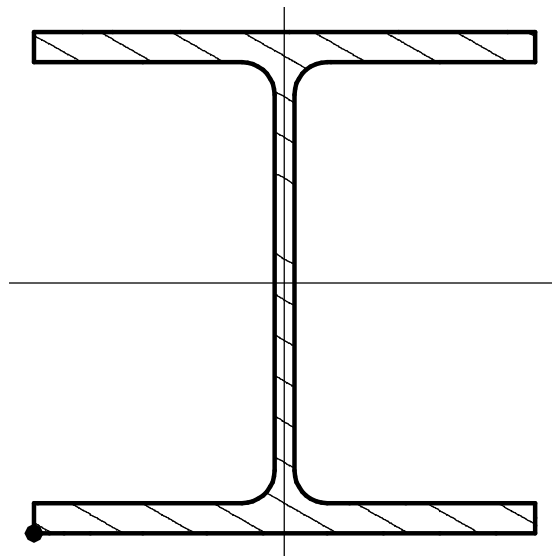
эквивалентные $\sigma_{\text{э}}$ [МПа]



Максимум эквивалентных напряжений по формуле (44) достигается в сечении с координатой $x = 2.47\text{м}$
 $0.87 \cdot \sigma_{\text{э}} / (R_y \cdot \gamma_c) = 0.80$ условие выполнено

M = 1 : 3

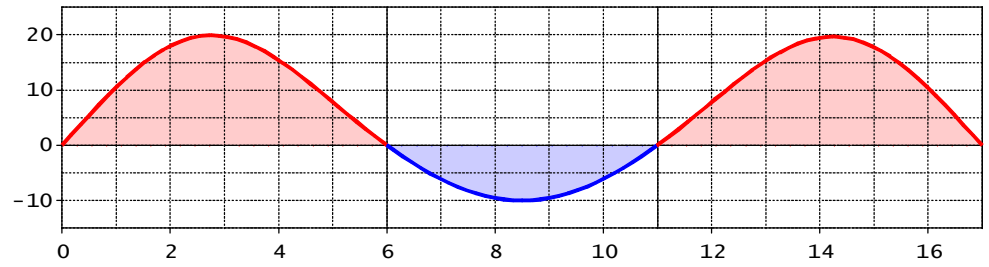
Эквивалентные напряжения в сечении $x = 2.47\text{м}$



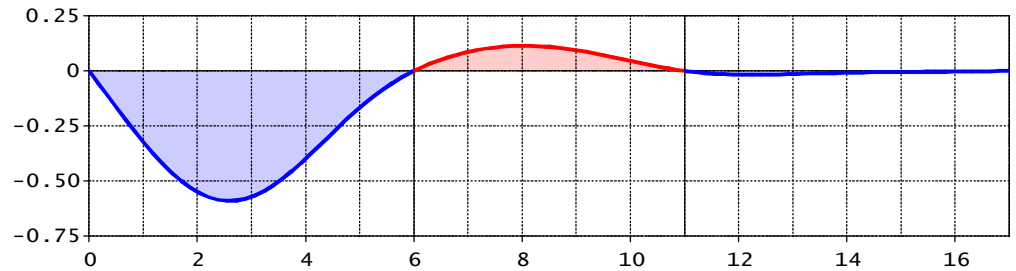
Расчет устойчивости

балки 1-го класса по п. 8.4.1 СП 16.13330.2017.

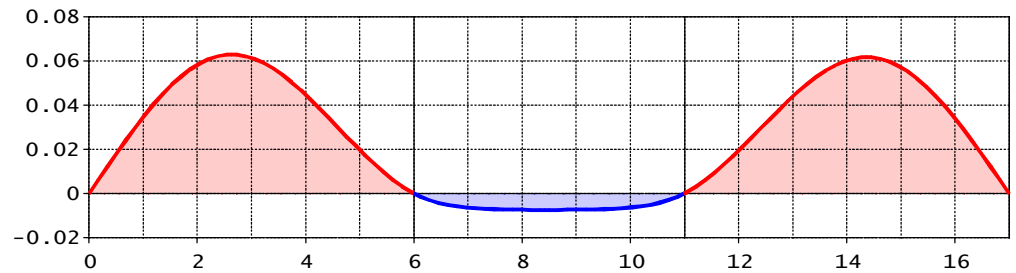
Перемещение v (форма потери устойчивости), [мм]



Перемещение w (форма потери устойчивости), [мм]



Угол поворота сечения θ (форма потери устойчивости), [рад]



По устойчивости опасный пролет 1 $x = 6.00\text{м}$
 Момент потери устойчивости $M_{cr} = 349.4 \text{ кН*м}$
 Коэффициент $\varphi_b = 1.00$
 Проверка устойчивости балки не требуется

Расчет выполнен модулем t342 программы СТАТИКА 2021 © ООО Техсофт