

ГЛАВА 9. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ


9.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Подбор и проверка элементов стальных конструкций производится на основании следующих норм:

- СНиП II-23-81* «Стальные конструкции»;
- СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции»;
- ДБН В.2.6-163:2010 «Норми проектування, виготовлення і монтажу»;
- В необходимых случаях используется также «Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*)».

В данной версии ПК ЛИРА предусмотрены стали, включённые в указанные нормы проектирования.

Сечения элементов стальных конструкций, доступные для проверки или подбора в данной версии, указаны в разделе 9.2.

В режиме **Результаты по металлическим конструкциям**  предоставлено подробное описание расчёта и подбора сечений стальных конструкций по усилиям, РСУ или РСН. Это упрощает пользователю контроль правильности расчета и подбора сечений.

Следует отметить, что из-за различного обозначения главных осей сечения в нормативных документах и в ПК ЛИРА, формулы, приведенные в отчёте, могут отличаться индексами (рисунок 9.1).

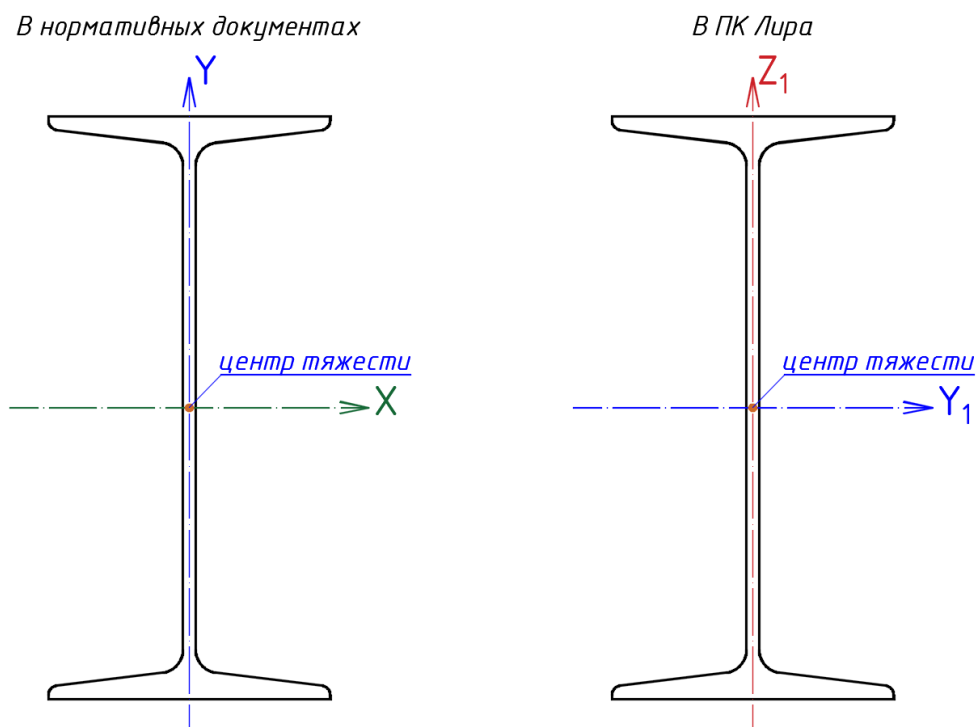


Рисунок 9.1 Наименование местных осей в нормативных документах и в ПК ЛИРА

В процессе расчёта производится внутрипрограммный выбор характера работы элементов стальных конструкций (центральное растяжение-сжатие; сжатие-растяжение с изгибом вокруг одной или двух главных осей; изгиб в одном или в двух главных направлениях). Данная

функция программы освобождает пользователя от анализа работы элемента и, таким образом, снижает вероятность ошибки, поскольку один и тот же элемент при различных комбинациях нагрузок может работать по-разному. Выбор производится в зависимости от соотношения действующих в рассматриваемом сечении усилий, которое определяется величиной относительного или приведенного относительного эксцентриситета (таблица 9.1).

Таблица 9.1

N < 0 (присутствует сжатие)		N > 0 (присутствует растяжение)	
Приведенный относительный эксцентриситет для сжатой грани $m_{ef y(z)}$	Характер работы относительно рассматриваемой оси	Относительный эксцентриситет для растянутой грани $m_{y(z)}$	Характер работы относительно рассматриваемой оси
$m_{ef y(z)} < 0.1$	Сжатие	$m_{y(z)} < 0.1$	Растяжение
$0.1 \leq m_{ef y(z)} \leq 20$	Сжатие с изгибом	$0.1 \leq m_{y(z)} \leq 20$	Растяжение с изгибом
$m_{ef y(z)} > 20$	Изгиб	$m_{y(z)} > 20$	Изгиб

В настоящей версии программы выполняются следующие проверки стальных конструкций.

Первое предельное состояние

Прочность

Таблица 9.2

Проверки прочности	Обозначение	Формулы проверок		
		СНиП П-23-81*	СП 16.13330.2011	ДБН В.2.6-163:2010
Прочность по нормальным напряжениям: – без учёта развития пластических деформаций	σ_x	(50)	(106) – без учёта стеснённого кручения.	(1.6.1)
	σ_x	(49)	(105) – без учёта стеснённого кручения.	(1.6.2)
Прочность несимметричных сечений из высокопрочной стали по нормальным напряжениям растяжения	σ_x	(54)	(107)	(1.6.3)
Прочность по касательным напряжениям	τ_{yz}	(29)	(42)	(1.5.2)
Прочность по приведенным напряжениям (совместное действие нормальных и касательных напряжений)	σ_{equ}	(33)	(44)	(1.5.4)

• **Прочность по нормальным напряжениям** может проверяться с учётом, или без учёта развития пластических деформаций. Возможность учёта развития пластических деформаций задаёт пользователь в параметрах конструирования (см. Глава 9 п. 9.4.2). При этом он может руководствоваться п. 5.19*, п. 5.25 [9.10], разд. 8.1, п. 9.1.1 [9.11] или разд. 1.5.1, п. 1.6.1.1 [9.6]. Следует отметить, что в настоящей версии, при расчёте по нормам [9.11] и [9.6],

конструкции 3 класса по виду напряжённого состояния (полный пластический шарнир) считаются так же, как и конструкции 2 класса (ограниченное развитие пластики) в связи с отсутствием в нормах коэффициентов учёта пластики для полного пластического шарнира.

В случае допустимости расчета с учетом развития пластических деформаций программой выполняется проверка фактического наличия пластики. Для этого выполняются две проверки:

- проверка 1 – с учетом развития пластических деформаций;
- проверка 2 – без учета развития пластических деформаций.

Если прочность по проверке 1 обеспечивается, а по проверке 2 – нет, то элемент в данном сечении действительно работает с учетом развития пластических деформаций. И только в этом случае производится учет пластики в дальнейших проверках устойчивости и местной устойчивости.

Для несимметричных двутавров общего вида с произвольным соотношением размеров поясов, а также для сплошных круглых сечений в нормах отсутствуют значения коэффициента учёта развития пластических деформаций. Для указанных сечений в программе этот коэффициент определяется по указаниям п. 5.26 [9.8]. Для несимметричных двутавров его значения приведены в таблице 9.3, для круга $c = 1.645$.

Таблица 9.3

Коэффициент c_y для несимметричных двутавров												
$\alpha_f = \frac{A_{f1}}{A_w}$	$\psi_f = \frac{A_{f2}}{A_{f1}}$											
	0 (тавр)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
0	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875	1.46875
0.05	1.47748	1.46412	1.45119	1.43866	1.42651	1.41472	1.40327	1.39215	1.38134	1.37082	1.36058	
0.1	1.49759	1.47167	1.44730	1.42432	1.40260	1.38202	1.36248	1.34388	1.32614	1.30919	1.29297	
0.15	1.52337	1.48526	1.45037	1.41827	1.38857	1.36097	1.33522	1.31109	1.28839	1.26698	1.24671	
0.2	1.55167	1.50158	1.45689	1.41666	1.38014	1.34675	1.31602	1.28757	1.26109	1.23633	1.21307	
0.25	1.58057	1.51874	1.46489	1.41738	1.37496	1.33670	1.30190	1.26998	1.24050	1.21310	1.18750	
0.3	1.60886	1.53558	1.47322	1.41919	1.37166	1.32930	1.29112	1.25636	1.22445	1.19492	1.16741	
0.4	1.66067	1.56573	1.48835	1.42346	1.36776	1.31904	1.27572	1.23668	1.20109	1.16831	1.13787	
0.5	1.70313	1.58888	1.49938	1.42635	1.36488	1.31179*	1.26500	1.22305	1.18491	1.14981	1.11719	
0.6	1.73412	1.60380	1.50529	1.42675	1.36156	1.30574	1.25676	1.21290	1.17300	1.13621	1.10190	
0.7	1.71397	1.59912	1.50587	1.42429	1.35722	1.30004	1.24988	1.20488	1.16381	1.12577	1.09014	
0.8	1.69644	1.57182	1.48940	1.41898	1.35167	1.29427	1.24376	1.19824	1.15645	1.11752	1.08082	
0.9	1.68109	1.54740	1.46240	1.40346	1.34486	1.28824	1.23807	1.19252	1.15037	1.11080	1.07324	
1	1.66758	1.52541	1.43837	1.37946	1.33684	1.28185	1.23262	1.18744	1.14522	1.10524	1.06696	
1.1	1.65561	1.50548	1.41683	1.35818	1.31641	1.27508	1.22728	1.18281	1.14077	1.10053	1.06168	
1.2	1.64496	1.48730	1.39742	1.33920	1.29831	1.26793	1.22198	1.17852	1.13684	1.09650	1.05716	
1.3	1.63541	1.47064	1.37983	1.32215	1.28217	1.25274	1.21668	1.17446	1.13333	1.09299	1.05327	

Коэффициент c_y для несимметричных двутавров (продолжение)											
$\alpha_f = \frac{A_{f1}}{A_w}$	$\psi_f = \frac{A_{f2}}{A_{f1}}$										
	0 (тавр)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1.4	1.62682	1.45529	1.36380	1.30676	1.26768	1.23917	1.21134	1.17059	1.13014	1.08992	1.04987
1.5	1.61905	1.44109	1.34913	1.29278	1.25462	1.22697	1.20597	1.16685	1.12721	1.08718	1.04688
1.6	1.61199	1.42791	1.33564	1.28005	1.24277	1.21596	1.19569	1.16322	1.12449	1.08474	1.04422
1.7	1.60555	1.41562	1.32321	1.26838	1.23198	1.20596	1.18639	1.15968	1.12195	1.08254	1.04185
1.8	1.59966	1.40412	1.31170	1.25766	1.22210	1.19685	1.17793	1.15620	1.11956	1.08053	1.03972
1.9	1.59424	1.39335	1.30101	1.24778	1.21304	1.18851	1.17020	1.15277	1.11729	1.07870	1.03780
2	1.58925	1.38321	1.29105	1.23863	1.20469	1.18084	1.16311	1.14938	1.11513	1.07702	1.03606
2.2	1.58036	1.36463	1.27306	1.22224	1.18981	1.16724	1.15057	1.13772	1.11105	1.07402	1.03301
2.4	1.57268	1.34798	1.25723	1.20798	1.17695	1.15554	1.13981	1.12774	1.10724	1.07141	1.03044
2.6	1.56597	1.33294	1.24318	1.19545	1.16573	1.14537	1.13049	1.11911	1.10364	1.06910	1.02824
2.8	1.56008	1.31928	1.23062	1.18436	1.15585	1.13644	1.12233	1.11157	1.10020	1.06704	1.02633
3	1.55485	1.30679	1.21932	1.17447	1.14708	1.12855	1.11513	1.10493	1.09688	1.06517	1.02467
3.2	1.55019	1.29533	1.20911	1.16559	1.13925	1.12152	1.10873	1.09903	1.09139	1.06346	1.02321
3.4	1.54600	1.28475	1.19981	1.15758	1.13221	1.11522	1.10300	1.09376	1.08649	1.06188	1.02190
3.6	1.54222	1.27496	1.19133	1.15031	1.12585	1.10954	1.09785	1.08902	1.08209	1.06041	1.02074
3.8	1.53879	1.26586	1.18354	1.14368	1.12007	1.10439	1.09318	1.08473	1.07812	1.05903	1.01970
4	1.53567	1.25738	1.17638	1.13762	1.11480	1.09971	1.08894	1.08084	1.07451	1.05773	1.01875
Обозначения в таблице: $\alpha_f = A_{f1} / A_w$ – отношение площади большей полки к площади стенки. $\psi_f = A_{f2} / A_{f1}$ – отношение площади меньшей полки к площади большей полки. Курсивом отмечены данные, приведенные в нормах. Данные в таблице совпадают с данными, приведенными в нормах, за исключением несимметричного двутавра с $\alpha_f = A_{f1} / A_w = 0.5$ и $\psi_f = A_{f2} / A_{f1} = 0.5$.											

Формулы для проверки прочности по нормальным напряжениям, указанные в таблице 9.2 и используемые в программе, учитывают все составляющие усилий в рассматриваемом сечении. Например, формула общего вида (50) [9.10] при $N = 0$ (для изгибаемых элементов) превращается в формулу (38) [9.10], а при нулевых изгибающих моментах (центральное растяжение-сжатие) приводит к формуле (5) [9.10]. Аналогично, формула (40) [9.10] является частным случаем формулы (49) [9.10].

Для сечений из круглой трубы или сплошного круглого сечения при проверке прочности по нормальным напряжениям используется результирующий момент, равный геометрической сумме моментов в двух взаимно-перпендикулярных направлениях $M_{res} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$. Это соответствует формуле (1.6.1a) [9.6].

В программе не реализован учёт пластических деформаций для центрально растянутых элементов по формуле (6) [9.10].

- **Прочность по касательным напряжениям** проверяется по формулам (29) [9.10], (42) [9.11], (1.5.2) [9.6], в основе которых лежит формула Журавского. В программе не реализован учёт пластических деформаций для касательных напряжений по формуле (41) [9.10].

- **Прочность по приведенным напряжениям (совместное действие нормальных и касательных напряжений)** проверяется по формулам теории прочности (33) [9.10], (44) [9.11], (1.5.4) [9.6].

Общая устойчивость

Таблица 9.4

Проверки общей устойчивости	Обозначение	Формулы проверок			
		СНиП и «Пособие»		СП 16.13330.2011	ДБН В.2.6- 163:2010
		СНиП П- 23-81*	«Пособие» [9.8]		
Устойчивость плоской формы изгиба	φ_b	(34)	(40)	(70) – без учёта стеснённого кручения.	(1.5.29)
Устойчивость по изгибной форме	$\varphi_{(e)y}, \varphi_{(e)z}$	(51)	(48)	(109), (120), (121)	(1.6.5), (1.6.14), (1.6.15)
Устойчивость по изгибно-крутильной форме	$c\varphi_z$	(56)	—	(111)	(1.6.7)
Устойчивость стержней, подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях	φ_{eyz}	(62)	—	(116)	(1.6.11)

- **Устойчивость плоской формы изгиба**

Проверка устойчивости плоской формы изгиба (по φ_b) производится для открытых профилей следующих типов: двутавр симметричный, двутавр несимметричный, тавр, швеллер, а также для полосы. При определении коэффициента устойчивости при изгибе φ_b используется расчётная длина l_{efb} , которая задаётся пользователем по указаниям пунктов 5.15 [9.10], 8.4.2 [9.11], 1.5.4.2 [9.6] и часто равна расчётной длине элемента в плоскости минимальной жёсткости. Коэффициент φ_b определяется в соответствии с указаниями приложения 7* [9.10], приложения Ж [9.11] или приложения П [9.6]. Все задаваемые исходные данные соответствуют таблицам указанных приложений. Если заранее известно, что для рассматриваемого конструктивного элемента такая проверка не понадобится или вид нагрузки и загруженный пояс определить невозможно (например, колонна каркаса здания), рекомендуется для симметричных двутавров и швеллеров задать балочную схему работы, два и более боковых закрепления, а для несимметричных двутавров и тавров задать вид нагрузки, вызывающий чистый изгиб.

Для сечений из несимметричных двутавров или тавров в программе отсутствует проверка устойчивости плоской формы изгиба для консолей, по причине отсутствия указаний для такой проверки консолей в действующих нормах.

Поскольку для сечений из полосы в нормах отсутствуют указания для проверки устойчивости плоской формы изгиба, в программе определение коэффициента устойчивости при изгибе φ_b производится по формулам последнего абзаца п. 1* приложения 7* [9.10], а также

по формулам (Ж.1), (Ж.2) [9.11] или (П.1), (П.2) [9.6]. Параметр φ_1 , входящий в эти формулы, определяется по указаниям литературы [9.3], [9.4], [9.2].

- **Устойчивость по изгибной форме.**

Важным вопросом при выполнении этой проверки является определение расчётных длин элементов. Расчётные длины задаются пользователем. При этом он может руководствоваться разделом 6 [9.10], разделом 10 [9.11], разделом 1.9 [9.6], а также разделом 6 [9.8] или специальной литературой (например, С. Д. Лейтес «Справочник по определению свободных длин элементов стальных конструкций», Москва, 1963 г).

Для сечений из одиночного уголка пользователь должен задать радиус инерции, используемый для данной проверки. При этом следует руководствоваться п. 6.4, 6.5* и 6.6 [9.10], п. 10.1.4, 10.2.2 и 10.2.3 [9.11], п. 1.9.1.4, 1.9.1.5, 1.9.9.2 [9.6].

Следует отметить, что в соответствии со всеми рассматриваемыми нормами коэффициент продольного изгиба при внецентренном сжатии φ_e не может быть больше коэффициента продольного изгиба при центральном сжатии φ (см. примечание п. 2 к таблице коэффициентов φ в рассматриваемых нормах). Поэтому проверка устойчивости центрально сжатых элементов рассматривается как частный случай проверки устойчивости по изгибной форме сжато-изогнутых элементов.

Для коробчатых сечений и для сечений из сплошного прямоугольника (полосы) обозначение $\varphi_{(e)y}$ соответствует проверке по формулам (121) [9.11], (1.6.15) [9.6] и по второй формуле (48) [9.8], соответственно обозначение $\varphi_{(e)z}$ – по формулам (120) [9.11], (1.6.14) [9.6] и по первой формуле (48) [9.8].

Для сечения из одиночного швеллера при наличии изгиба в плоскости большей жёсткости значения коэффициента формы сечения η принимаются как для симметричного двутавра, о чём выводится соответствующее предупреждение.

Для несимметричных двутавров общего вида с произвольным соотношением площадей большей и меньшей полок, в нормах отсутствуют значения коэффициента формы сечения η . В программе коэффициент η определяется с помощью кубической интерполяции между приведенными в нормах типами сечений. Параметром для интерполяции служит коэффициент

$$a_k = \frac{A_{fc}}{A_{fc} + A_{ft}}$$

(осевой коэффициент асимметрии несимметричного двутавра), где A_{fc} и A_{ft} соответственно площадь сжатой и растянутой полки.

Для типа сечения 9 по таблице 73 [9.10] и по таблице Д.2 [9.11], или типа сечения 10б по таблице К.2 [9.6] $a_k = 0$ (тавр с растянутой полкой).

Для типа сечения 5 по указанным таблицам [9.10], [9.11], [9.6] $a_k = 0.5$.

Для типа сечения 10 [9.10] и [9.11], типа сечения 8 [9.6] $a_k = 0.6667$.

Для типа сечения 11 [9.10] и [9.11], типа сечения 10а [9.6] $a_k = 1.0$ (тавр со сжатой полкой).

В программе определяется значение коэффициента η для каждого из перечисленных типов сечений, после чего между этими данными производится кубическая интерполяция по фактическому значению a_k рассматриваемого профиля. Об этом выводится соответствующее предупреждение.

Для сечений из круглой трубы или сплошного круглого сечения при проверке устойчивости по изгибной форме:

- если расчётные длины элемента в обеих плоскостях равны, т. е. если $l_{ef y} = l_{ef z}$, используется результирующий момент, равный геометрической сумме моментов в двух взаимно-перпендикулярных направлениях: $M_{res} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$;
- если $l_{ef y} \neq l_{ef z}$, выполняются две независимые проверки: относительно оси Y_I с использованием момента M_y и расчётной длины $l_{ef y}$, и относительно оси Z_I с использованием момента M_z и расчётной длины $l_{ef z}$.

• Устойчивость по изгибно-крутильной форме

Проверка производится по формулам (56) [9.10], (111) [9.11] и (1.6.7) [9.6].

Для сечения из одиночного швеллера при наличии изгиба в плоскости большей жёсткости значения коэффициентов α и β по таблице 10 [9.10] принимаются как для симметричного двутавра, о чём выводится соответствующее предупреждение (в нормах [9.11] и [9.6] это сделано именно так).

При относительных эксцентриситетах в плоскости большей жёсткости $10 < m_y < 20$ параметр c определяется по формуле (58) [9.10], (43) [9.11], (1.6.9) [9.6], полученной из условия

$$\frac{N}{\varphi_z A} + \frac{M_y}{\varphi_b W_{y сж}} = \frac{N}{c \varphi_z A} \quad (\text{имеется в виду, что плоскость большей жёсткости } X_I O Z_I). \quad \text{При этом, в}$$

соответствии с указаниями п. 5.31 [9.10], п. 9.2.4 [9.11], п. 1.6.2.5 [9.6], коэффициент φ_b , входящий в эту формулу определяется как для балки с двумя и более боковыми креплениями, независимо от заданных пользователем.

Программой предусмотрена проверка устойчивости также и для растянуто-изогнутых элементов. Проверка производится на основании формулы

$$\frac{\gamma_n}{R_y \gamma_c} \left(-\frac{N}{A} + \frac{M_y}{\varphi_b W_{y сж}} + \frac{M_z}{W_z} \right) \leq 1 \quad (9.1)$$

Сила растяжения в этом случае оказывает разгружающее действие, но это не гарантирует устойчивость сжатого пояса элемента.

Для сечения из полосы ($I_y > I_z$) в нормах нет указаний для проверки устойчивости по изгибно-крутильной форме. Коэффициент c к формулам (56) [9.10], (111) [9.11] и (1.6.7) [9.6] определяется по формуле (9.2), полученной из условия (9.3)

$$c = \frac{1}{1 + m_y \frac{\varphi_z}{\varphi_b} + m_z \varphi_z} \quad (9.2)$$

$$\frac{|N|}{\varphi_z A} + \frac{|M_y|}{\varphi_b W_y} + \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|N|}{c \varphi_z A} \quad (9.3)$$

Местная устойчивость

Таблица 9.5

Проверки местной устойчивости	Обозначение	Формулы проверок			
		СНиП и «Пособие»		СП 16.13330.2011	ДБН В.2.6-163:2010
		СНиП П-23-81*	«Пособие»		
Местная устойчивость стенок (без учёта локальных напряжений):	h_{ef}				
Стенки изгибаемых элементов без рёбер жёсткости		п. 7.10 ($\bar{\lambda}_w \leq 3.2$)		п. 8.5.9 ($\bar{\lambda}_w \leq 3.2$)	п. 1.5.5.9 ($\bar{\lambda}_w \leq 3.2$)
Стенки изгибаемых элементов, подкреплённые поперечными рёбрами жёсткости при фактическом отсутствии пластики		(74), (90)		(80), (85)	(1.5.39), (1.5.44)
Стенки изгибаемых элементов, подкреплённые поперечными рёбрами жёсткости при наличии пластики		(78)	(42)	(86), (87)	п. 1.5.5.8
Стенки центрально сжатых элементов		п. 7.14*, п. 7.27*, п. 7.18*		п. 7.3.2, п. 7.3.11	п. 1.4.3.2
Стенки внецентренно сжатых элементов		п. 7.14*, п. 7.18*, п. 7.16*		п. 9.4.3, п. 9.4.2, п. 9.4.9	п. 1.6.4.2, п. 1.6.4.5
Местная устойчивость замкнутых круговых цилиндрических оболочек (стенок круглых труб)		п. 8.5, п. 8.6		п. 11.2.1, п. 11.2.2	п. 1.10.2.1, п. 1.10.2.2
Местная устойчивость поясов:	b_{ef}				
Пояса изгибаемых элементов		п. 7.24, п. 7.26*, п. 7.27		п. 8.5.18, п. 8.5.19	п. 1.5.5.14, п. 1.5.5.15
Пояса центрально, и внецентренно сжатых элементов		п. 7.23, п. 7.26*, п. 7.27		п. 7.3.8, п. 7.3.9, п. 7.3.11, п. 9.4.7, п. 9.4.9	п. 1.4.3.7, п. 1.4.3.8, п. 1.6.4.6, п. 1.6.4.7

При проверке местной устойчивости стенок учёт локальных напряжений не предусмотрен. Предполагается также отсутствие продольных рёбер жёсткости. Наличие и шаг поперечных рёбер жёсткости задаёт пользователь, руководствуясь п. 7.10, п. 7.21* [9.10], п. 8.5.9, п. 9.4.4 [9.11], п.1.5.5.9, п. 1.6.4.3 [9.6]. Для изгибаемых элементов отсутствие поперечных рёбер жёсткости приводит к увеличению толщины стенки, которая в этом случае проверяется из условия $\bar{\lambda}_w \leq 3.2$. по требованию п. 7.10 [9.10], п. 8.5.9 [9.11], п.1.5.5.9 [9.6]. В то же время программа не контролирует необходимость постановки поперечных рёбер жёсткости для сжатых и сжато-изогнутых элементов по п. 7.21* [9.10], п. 9.4.4 [9.11], п. 1.6.4.3 [9.6], поскольку эти требования являются конструктивными и не влияют на расчёт.

При проверке местной устойчивости коробчатых сечений, в общем случае, при наличии изгибающих моментов в обоих главных направлениях ($M_y \neq 0, M_z \neq 0$), необходимо определить, какие из граней коробки считать стенками, а какие полками. В данной версии этот вопрос

решается в соответствии с правилами, указанными в таблице 9.5. При этом пункт 1.6.4.8 [9.6] не учитывается.

Таблица 9.6

$m_{ef\ y}$ \ $m_{ef\ z}$	$m_{ef\ y} < 0,1$	$0,1 \leq m_{ef\ y} \leq 20$	$m_{ef\ y} > 20$
$m_{ef\ z} < 0,1$	Центральное сжатие. Стенками считаются все 4 стороны	Внецентренное сжатие вокруг оси Y_I . Стенками считаются стороны, параллельные Z_I	Изгиб вокруг оси Y_I . Стенками считаются стороны, параллельные оси Z_I
$0,1 \leq m_{ef\ z} \leq 20$	Внецентренное сжатие вокруг оси Z_I . Стенками считаются стороны, параллельные оси Y_I	Внецентренное сжатие в двух направлениях. Стенками считаются стороны, параллельные оси Z_I	Стенками считаются стороны, параллельные оси Z_I
$m_{ef\ z} > 20$	Изгиб вокруг оси Z_I . Стенками считаются стороны, параллельные оси Y_I	Стенками считаются стороны, параллельные оси Y_I	Изгиб в двух направлениях. Стенками считаются стороны, параллельные оси Z_I

В данной версии не реализован расчёт изгибаемых элементов с гибкой стенкой и использование редуцированной (уменьшенной) площади для сжато-изогнутых элементов.

Второе предельное состояние

Прогибы

Прогибы элементов или конструктивных элементов проверяются в направлении их локальных осей Y_I и Z_I . Необходимость такой проверки при подборе или проверке стальных конструкций задаётся пользователем на основании раздела 10 [9.9], стандарта [9.7], приложения Е [9.12] или других нормативных документов. При этом используются нормативные (эксплуатационные) значения постоянных нагрузок и длительные нагрузки, или длительно действующая часть кратковременных нагрузок со своими коэффициентами сочетаний. Такой подход справедлив для конструкций, нагруженных постоянными, полезными, снеговыми и другими нагрузками, имеющими длительно действующую часть. К таким конструкциям относятся, например, стропильные балки, ригели покрытия, прогоны покрытия, балки и ригели перекрытий, балки рабочих и обслуживающих площадок, лестничные косоуры и марши, балки балконов и лоджий. Опоры конструктивных элементов (места, где прогибы принимаются равными нулю) задаются с помощью раскреплений (см. раздел 9.3). Если заданы раскрепления конструктивного элемента, то его прогиб считается относительно прямой линии, соединяющей эти раскрепления. При отсутствии раскреплений принимается полное перемещение сечений конструктивного элемента в составе расчётной схемы. Необходимость задания раскреплений определяет пользователь. Следует обратить внимание, что в режиме подбора сечения конструктивного элемента принято, что величина его прогиба изменяется обратно пропорционально изгибной жёсткости EI рассматриваемого конструктивного элемента и не учитывает перемещение других элементов расчётной схемы. Если при наличии раскреплений это предположение справедливо, то при их отсутствии такой подход может привести к неправильному

результату. Поэтому в случае обоснованного отсутствия раскреплений окончательный расчёт сечений должен быть выполнен в режиме проверки.

Предельно допустимые прогибы задаются пользователем. При этом в каждом из направлений он может задать как величину прогиба в миллиметрах или в долях пролёта, так и автоматический выбор предельного прогиба по п. 2 таблицы 19 [9.9], таблицы Е.1 [9.12] или таблицы 1 [9.7].


Для конструкций, у которых ограничены горизонтальные прогибы и перемещения от ветра по п. 10.12, 10.16, 10.17 [9.9], п. Е.2.4.1, Е.2.4.3, Е.2.4.4 [9.12], п. 7.1, 7.4, 7.5 [9.12] следует выполнить дополнительную проверку таких прогибов по локальным эпюрам перемещений, либо проверку горизонтальных перемещений соответствующих узлов от нормативных (эксплуатационных) значений ветровых нагрузок. К таким конструкциям относятся, например, колонны каркаса, стойки фахверка, ригели фахверка, опоры конвейерных галерей.

Проверку прогибов сложных стержневых систем, например, стропильных ферм или структурных блоков покрытия, следует выполнять по перемещениям характерных узлов в различных комбинациях загружений (с помощью РСН).


Гибкость

Необходимость такой проверки задаётся пользователем. Проверка гибкости конструктивных элементов производится на основании п. 6.15*, 6.19* [9.10], п. 10.4.1, 10.4.2 [9.11], п. 1.9.4.1, 1.9.4.2 [9.6]. Величину предельно допустимой гибкости задаёт пользователь. При этом он может задать требуемую величину сам, либо воспользоваться подсказкой программы, выбрав нужную строку из предлагаемых таблиц действующих норм.

9.2 Сечения и материалы, доступные для проверки или подбора стальных конструкций

В данной версии ПК ЛИРА предусмотрены стали, включённые в указанные выше нормы проектирования. Сортамент сталей находится в **Редакторе Материалов** . Для выбора нужной стали надо в данном редакторе кликнуть левой кнопкой мышки по горизонтальной закладке **Материал из базы данных**, потом из выпадающего списка выбрать **Стальной прокат из базы данных**. После этого уточняются с помощью соответствующих выпадающих списков: нормативный документ, тип проката (листовой, или фасонный) и марка (класс) стали.

Для проверки или подбора стальных конструкций доступны: одиночные прокатные сечения различных сортов, сварные сечения из листовой стали, а также сплошные составные сечения из двух или четырёх прокатных профилей.

Для доступа к редактору сечений/жесткостей с помощью пункта меню **Редакторы** ⇨ **Редактор сечений/жесткостей** (кнопка  на панели инструментов), вызовите вкладку **Сечения** (рисунок 9.2).

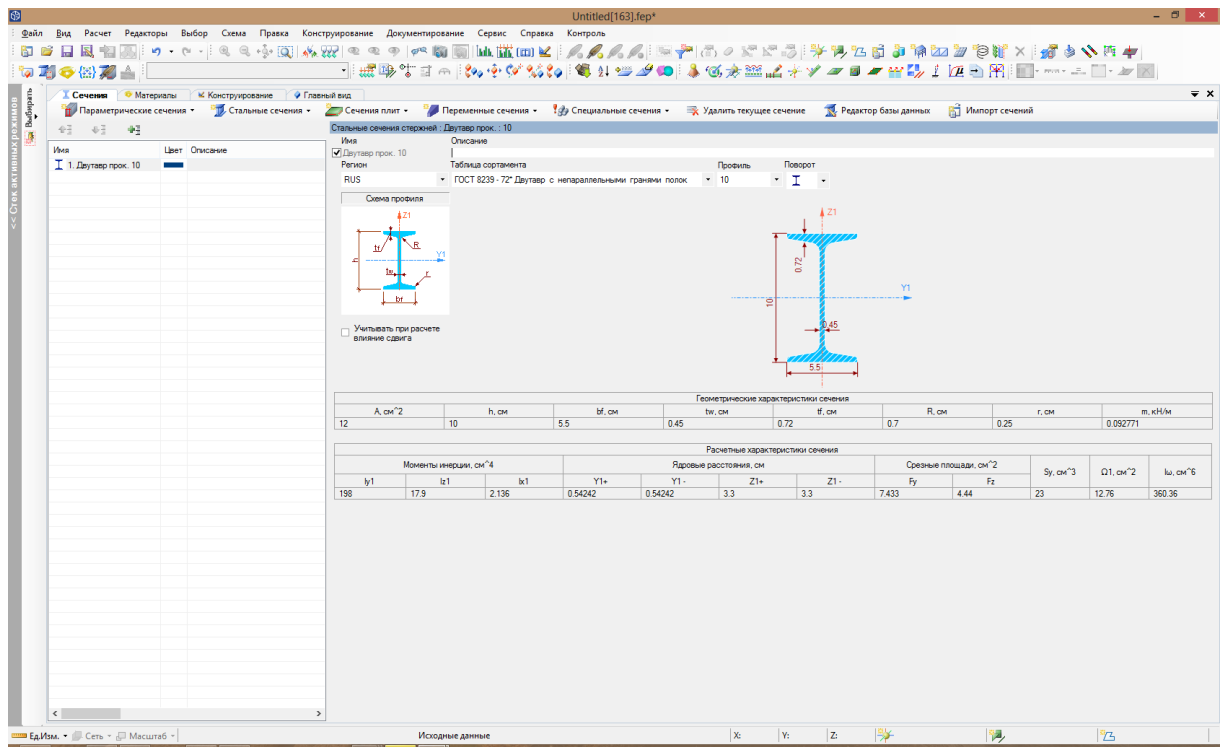



Рисунок 9.2 Редактор сечений/жесткостей

Для доступа к списку стальных сечений следует использовать горизонтальную закладку **Стальные сечения** (кнопка  **Стальные сечения**) в редакторе сечений/жесткостей). Переход непосредственно к необходимому типу сечения осуществляется одним щелчком мыши по выбранному элементу списка.

В списке **Стальные сечения** приведены стандартные типы одиночных прокатных сечений различных сортаментов, а также в выпадающем списке **Шаблоны составных сечений** представлены сварные сечения из листовой стали и сплошные составные сечения из двух и четырёх прокатных профилей (рисунок 9.3).

В правой части **Редактора сечений/жесткостей** расположено окно **Параметров сечения**, в котором в соответствующих доступных полях ввода можно задавать и корректировать требуемый профиль и его ориентацию в расчётной схеме.

В окне **Параметров сечения** приведены таблицы с геометрическими и расчетными характеристиками сечения (заполняются программно и не подлежат корректировке). После выбора пользователем требуемого профиля и его ориентации в расчётной схеме выводится схематический эскиз сечения с указанием заданных размеров и расчетных характеристик сечения (рисунок 9.2).

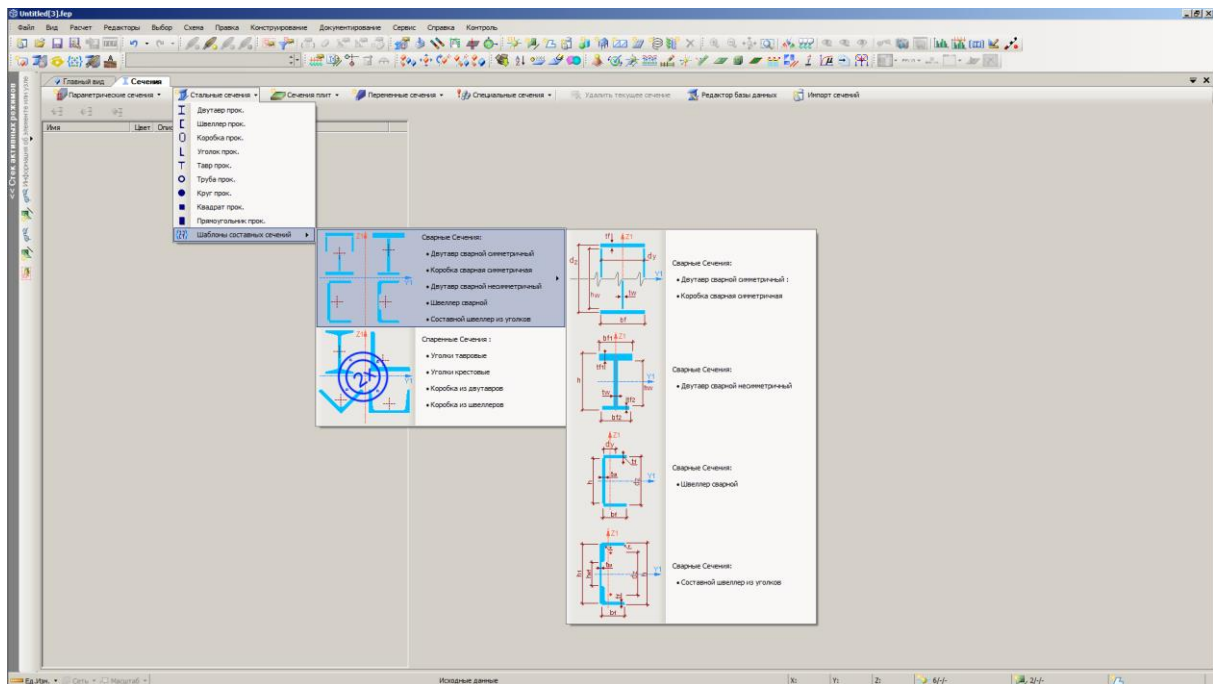


Рисунок 9.3 Список стандартных стальных сечений

Одиночные прокатные сечения различных сортовентов

Одиночные прокатные сечения представлены стандартными типами сечений: двутавр, швеллер, коробка, уголок, тавр, труба, круг, квадрат, прямоугольник. Доступ к необходимому типу прокатного сечения осуществляется через закладку **Стальные сечения** (рисунок 9.4).

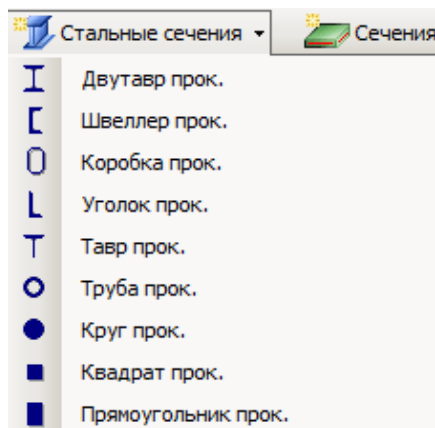


Рисунок 9.4 Одиночные прокатные сечения

При одноразовом щелчке мыши по выбранному типу прокатного сечения в левой части Редактора сечений/жесткостей в Таблице жесткостей элементов появится новая запись, содержащая схематическое изображение, стандартное наименование, цвет и описание добавленного сечения. В правой части Редактора сечений/жесткостей в окне **Параметров сечения** отобразятся стандартные параметры геометрии сечения, таблица с геометрическими и расчетными характеристиками, а также схематический эскиз сечения.

Для создания нового сечения из одиночного проката необходимо:

1. Выбрать нужный тип проката из выпадающего меню **Стальные сечения** (рисунок 9.3), например, прокатный двутавр (рисунок 9.5);
2. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортаментов**;
3. Указать нужный **Профиль**;
4. Выбрать требуемую ориентацию профиля с помощью **Поворота сечения**;
5. При необходимости установить флажок: **Учитывать при расчете влияние сдвига**;
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**, поместив туда необходимую информацию.

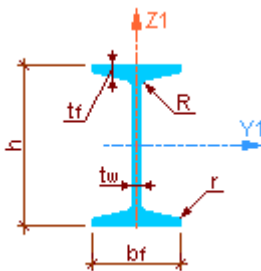


Рисунок 9.5 Схема профиля **Двутавр прокатный**

После внесения пользователем указанных данных, выводится схематический эскиз и таблицы с геометрическими и расчетными характеристиками выбранного сечения (рисунок 9.6).

Стальные сечения стержней : Двутавр прок. : 10

Имя: Двутавр прок. 10
 Описание: Двутавр с непараллельными гранями полок

Регион: RUS
 Таблица сортамента: ГОСТ 8239 - 72* Двутавр с непараллельными гранями полок
 Профиль: 10
 Поворот: I

Учитывать при расчете влияние сдвига

Геометрические характеристики сечения							
A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	r, см	m, кН/м
12	10	5.5	0.45	0.72	0.7	0.25	0.092771

Расчетные характеристики сечения											
Моменты инерции, см ⁴			Ядровые расстояния, см				Срезные площади, см ²		Sy, см ³	Ω1, см ²	Iw, см ⁶
Iy1	Iz1	Ix1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-	Fy	Fz			
198	17.9	2.136	0.54242	0.54242	3.3	3.3	7.433	4.44	23	12.76	360.36

Рисунок 9.6 Окно параметров сечения **Двутавр прокатный**

Для типа сечения **Тавр прокатный** (рисунок 9.7) предусмотрена возможность задания как стандартного таврового сечения, используя сортament тавров, так и тавра любой допустимой высоты, получаемого путём разрезки исходного двутаврового профиля (рисунок 9.8). Во втором случае высота тавра задаётся в процентном отношении к высоте исходного двутавра.

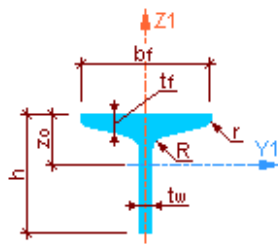


Рисунок 9.7 Схема профиля Тавр прокатный

Стальные сечения стержней : Тавр прок. : 10

Имя: Тавр прок. 50 % от 10 двутавр
 Описание: Таблица сортамента
 Регион: RUS
 Таблица сортамента: ГОСТ 8239 - 72* Двутавр с непараллельными гранями полок
 Профиль: 10
 Поворот: T

Схема профиля: Использовать сортмент тавров Использовать сортмент двутавров
 Высота тавра в % соотношении от двутавра: 50

Учитывать при расчете влияние сдвига

Геометрические характеристики сечения									
A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	r, см	m, кН/м	z'o, см	
6.0241	5	5.5	0.45	0.72	0.7	0.25	0.046375	1.1785	

Расчетные характеристики сечения												
Моменты инерции, см ⁴			Ядровые расстояния, см				Срезные площади, см ²					
Iy1	Iz1	Ix1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-	Fy	Fz	Sy, см ³	Wy верх, см ³	Wz низ, см ³	Wz, см ³
10.834179094	8.95	0.97715	0.54026	0.54026	1.526	0.47063	6.6	0	3.2636	9.1929	2.8351	3.2545

Рисунок 9.8 Окно параметров сечения Тавр прокатный

Для типа сечения **Уголок прокатный** предусмотрена возможность ориентации профиля как в осях параллельных полкам, так и в главных осях (только для равнополочных уголков), смотрите рисунок 9.9.

Стальные сечения стержней : Уголок прок. : 160 x 160 x 10

Имя: 160 x 160 x 10
 Описание: Таблица сортамента
 Регион: RUS
 Таблица сортамента: ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
 Профиль: 160 x 160 x 10
 Поворот: L
 Ориентация уголка: L Y

Схема профиля: Учитывать при расчете влияние сдвига


Геометрические характеристики сечения									
A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	R, см	r, см	z'o, см	uo, см	tg α	m, тс/лм
31.43	16	16	1	1.6	0.53	4.3	4.3	0.0	0.02467

Расчетные характеристики сечения									
Моменты инерции, см ⁴				Ядровые расстояния, см				Срезные площади, см ²	
Iy1	Iz1	Ix1	Iy	Y1-	Y1+	Z1-	Z1+	Fy	Fz
319	1229	11.8	319	3.45622905684506	3.45622905684506	1.66902502570133	1.77434406743466	26.66666667	26.66666667

Рисунок 9.9 Окно параметров сечения Уголок прокатный. Ориентация в главных осях

Сварные сечения из листовой стали

Сварные сечения из листовой стали представлены такими типами сечений: двутавр сварной симметричный, коробка сварная симметричная, двутавр сварной несимметричный, швеллер сварной, швеллер сварной из листа и уголков.

Для доступа к списку сварных сечений из листовой стали используйте горизонтальную закладку **Стальные сечения** (кнопка  **Стальные сечения** в редакторе сечений/жесткостей) в выпадающем меню перейдите в **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Сварные сечения**. Переход непосредственно к необходимому типу сечения осуществляется одним щелчком мыши по выбранному элементу списка (рисунок 9.10).

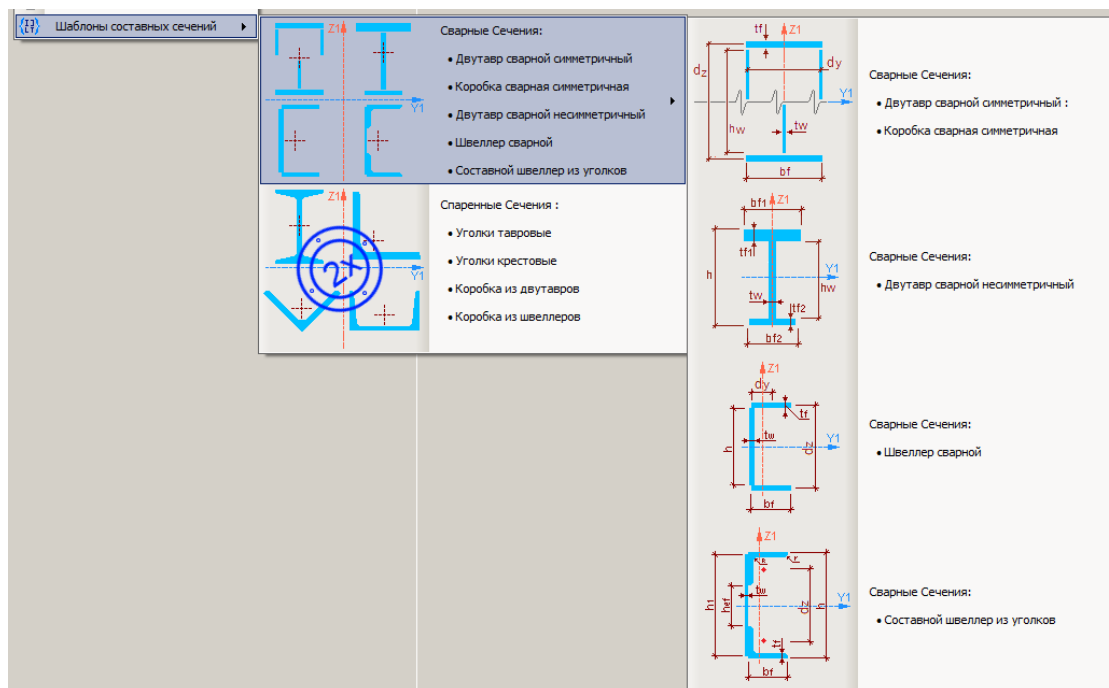


Рисунок 9.10 Список сварных сечений из листовой стали

Двутавр сварной симметричный

Для создания нового сечения двутавр сварной симметричный (рисунок 9.11) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Сварные сечения**, щелчком мыши выберите **Сварные сечения: Двутавр сварной симметричный/Коробка сварная симметричная** (рисунок 9.10).

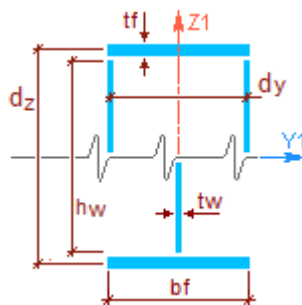



Рисунок 9.11 Схема профиля Двутавр сварной симметричный/Коробка сварная симметричная

В окне параметров сечения **Двутавр сварной симметричный** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Задать геометрические параметры полки:
 - **bf** (см) – ширина полки;
 - **tf** (см) – толщина полки;
 - **dz** (см) – расстояние между осями симметрии полок (значение можно задавать как в численном виде, так и формулой);
2. Задать геометрические параметры стенки:
 - **hw** (см) – высота стенки;
 - **tw** (см) – толщина стенки;
 - **dy** – расстояние между осями симметрии стенок. Для двутавра, стенка которого идёт вдоль местной оси Z_I , эта величина задаётся равной нулю;
3. Выбор ориентации сечения реализуется с помощью изменения значений **dy** и **dz** (если задать **dz** = 0, а **dy** ≠ 0, двутавр будет ориентирован вдоль оси Y_I);
4. Для подбора сечения задается ряд значений, которые может принимать рассматриваемый размер **bfo**;...; **tfo**;...; **hwo**;...; **two**;...;. Программа проанализирует все возможные комбинации заданных размеров и выполнит подбор минимального допустимого сечения (рисунок 9.12);
5. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**;
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**, поместив туда необходимую пользователю информацию.

Параметры подбора			
bfo: . . . :	18,5; 19; 19,5; 20; 20,5; 21;	hwo: .	28,5; 29; 29,5; 30; 30,5; 31;
tfo: . . . :	1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8;	two: . . . :	0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2;


Рисунок 9.12 Параметры подбора

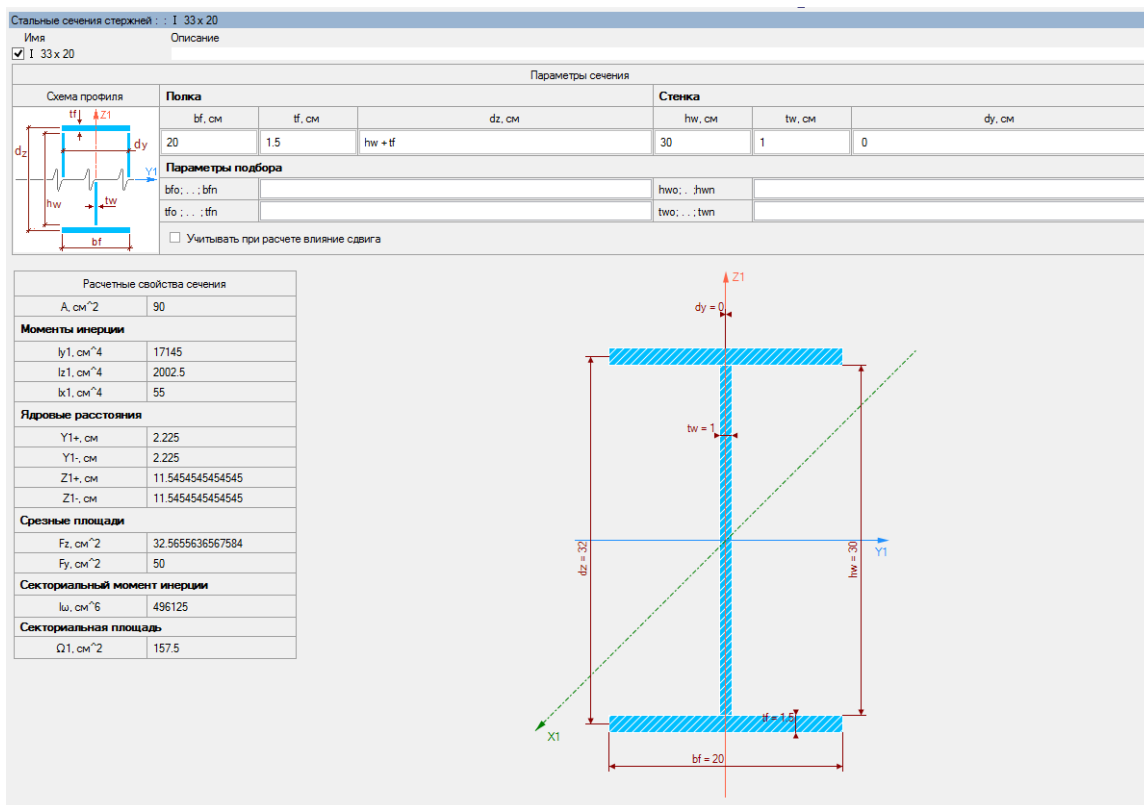
 Редактировать значение **dz** и **dy** можно нажатием сочетания клавиш «**CTRL** + пробел», после чего открывается список (рисунок. 9.13).

bf	Ширина полки, см
tf	Толщина полки, см
hw	Высота стенки, см
tw	Толщина стенки, см

Рисунок 9.13 Список параметров сечения

После задания пользователем всех указанных параметров сечения выводится его схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного симметричного двутавра (рисунок 9.14).

 В случае ввода пользователем некорректных исходных данных или геометрических характеристик сечения (существование разрывов между листами стали, нарушение ограничений и т.п.) система выполнит проверку и выведет пользователю предупреждение о недопустимых геометрических параметрах и ограничениях.



Стальные сечения стержней : I 33 x 20

Имя Описание

I 33 x 20

Схема профиля		Полка			Стенка		
	tf, см	tf, см	dz, см	hw, см	tw, см	dy, см	
	20	1.5	hw + tf	30	1	0	

Параметры подбора

bfo: ... bfn

hwo: ... hwn

tfo: ... twn

Учитывать при расчете влияние сдвига

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	90
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	17145
Iz1, см ⁴	2002.5
Ix1, см ⁴	55
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2.225
Y1-, см	2.225
Z1+, см	11.5454545454545
Z1-, см	11.5454545454545
Средние площади	
Fz, см ²	32.5655636567584
Fy, см ²	50
Секториальный момент инерции	
I _ω , см ⁶	496125
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	157.5


Рисунок 9.14 Окно параметров сечения Двутавр сварной симметричный

Коробка сварная симметричная

Для создания нового сечения **Коробка сварная симметричная** (рисунок 9.11) и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Сварные сечения**, щелчком мыши выберите **Сварные сечения: Двутавр сварной симметричный/Коробка сварная симметричная** (рисунок 9.10).

Для создания нового сечения **Коробка сварная симметричная** (рисунок 9.15) и доступа к его параметрам необходимо выполнить действия аналогично указаниям, изложенным выше (для двутавра сварного симметричного).

Для коробки сварной симметричной необходимо указать как значение **dz**, так и **dy** – расстояние между осями симметрии стенок коробки (значение можно задавать как в численном виде, так и формулой).

 В случае ввода пользователем некорректных исходных данных или геометрических характеристик сечения (существование разрывов между листами стали, нарушение ограничений и т.п.) система выполнит проверку и выведет пользователю предупреждение о недопустимых геометрических параметрах и ограничениях.

Стальные сечения стержней : II 33 x 20

Имя Описание

II 33 x 20

Параметры сечения

Схема профиля				Полка		Стенка			
				bf, см	tf, см	dz, см	hw, см	tw, см	dy, см
				20	1.5	hw + tf	30	1	15

Параметры подбора

bfo: ... : bfn	hwo: ... : hwn
tfo: ... : tfn	two: ... : twn

Учитывать при расчете влияние сдвига

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	120
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	19395
Iz1, см ⁴	5380
Ix1, см ⁴	10759.3373493976
Ядровые расстояния	
Y1+, см	4.48333333333333
Y1-, см	4.48333333333333
Z1+, см	9.79545454545455
Z1-, см	9.79545454545455
Средние площади	
Fz, см ²	55
Fy, см ²	50
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	135416.207704311
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	0

Рисунок 9.15 Окно параметров сечения **Коробка сварная симметричная**

Двутавр сварной несимметричный

Для создания нового сечения двутавр сварной несимметричный (рисунок 9.16) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в Стальные сечения ⇒ Шаблоны составных сечений ⇒ Сварные сечения, щелчком мыши выберите Сварные сечения: Двутавр сварной несимметричный (рисунок 9.10).

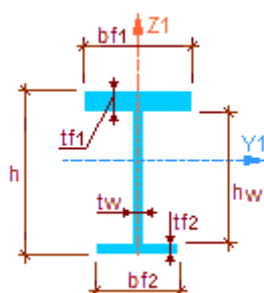


Рисунок 9.16 Схема профиля **Двутавр сварной несимметричный**

В окне параметров сечения **Двутавр сварной несимметричный** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Задать геометрические параметры полок:
 - **bf1** (см) – ширина верхней полки;
 - **tf1** (см) – толщина верхней полки;
 - **bf2** (см) – ширина нижней полки;
 - **tf2** (см) – толщина нижней полки;

2. Задать геометрические параметры стенки:
 - **hw** (см) – высота стенки;
 - **tw** (см) – толщина стенки;
3. Выбрать ориентацию с помощью **Поворота** сечения;
4. При необходимости задать параметры подбора для дальнейшего конструирования сечения (расчета конструкций) – задается ряд значений **bf1o;...; tf1o;...; bf2o;...; tf2o;...; hwo;...; two;...; two;...;** из которого программа выполнит подбор (рисунок 9.17);
5. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**;
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

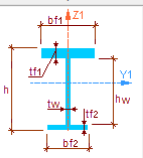
Параметры подбора					
bf1o ; ... ; bf1n	20.5;21;21.5;22;	bf2o ; ... ; bf2n	15.5;16;16.5;17;	hwo ; ... ; hwn	25.5;26;26.5;
tf1o ; ... ; tf1n	2.5;2.7;2.9;3.1;	tf2o ; ... ; tf2n	1.5;2;2.5;3;3.5;	two ; ... ; twn	1.3;1.6;1.9;2.1;

Рисунок 9.17 Параметры подбора

После задания пользователем всех указанных параметров выводится схематический эскиз заданного сечения и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного несимметричного двутавра (рисунок 9.18).

Стальные сечения стержней : : I 29 x 20

Имя: I 29 x 20 Описание:

Схема профиля	Полка				Стенка	
	bf1, см	tf1, см	bf2, см	tf2, см	hw, см	tw, см
	20	2.5	15	1.5	25	1

Параметры подбора

bf1o ; ... ; bf1n	bf2o ; ... ; bf2n	hwo ; ... ; hwn
tf1o ; ... ; tf1n	tf2o ; ... ; tf2n	two ; ... ; twn

Учитывать при расчете влияние сдвига

Поворот: I

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	97.5
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	13180.6209935897
Iz1, см ⁴	2090.625
Ix1, см ⁴	161.71875
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2.14423076923077
Y1-, см	2.14423076923077
Z1+, см	12.2824656900079
Z1-, см	7.51300092260191
Средние площади	
Fz, см ²	26.1677430201373
Fy, см ²	60.4166666666667
Секториальный момент инерции	
Iω, см ⁶	245179.372197309
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	524.000020545694
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	54.5386533665835
Ω2, см ²	161.596009975062

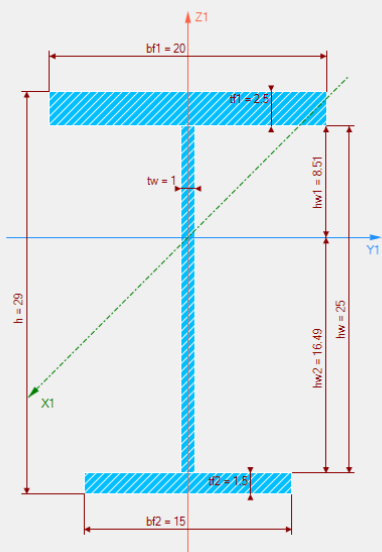


Рисунок 9.18 Окно параметров сечения Двутавр сварной несимметричный

Швеллер сварной

Для создания нового сечения швеллер сварной (рисунок 9.19) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите Стальные сечения ⇒ Шаблоны составных сечений ⇒ Сварные сечения щелчком мыши выберите Сварные сечения: Швеллер сварной (рисунок 9.10).

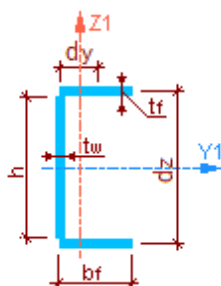


Рисунок 9.19 Схема профиля Швеллер сварной


В окне параметров сечения Швеллер сварной в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Задать геометрические параметры полок:
 - **bf** (см) – ширина полок;
 - **tf** (см) – толщина полок;
 - **dy** (см) – расстояние от середины полки до оси симметрии стенки;
2. Задать геометрические параметры стенки:
 - **h** (см) – высота стенки;
 - **tw** (см) – толщина стенки;
 - **dz** (см) – расстояние между осями симметрии полок;
3. Выбрать требуемую ориентацию профиля с помощью Поворота сечения;
4. При необходимости задать параметры подбора для дальнейшего конструирования сечения (расчета конструкций) – задается ряд значений **bf1o;...; bf1n**; **tf1o;...; tf1n**; **ho;...; hn**; **two;...; twn**; из которого программа выполнит подбор (рисунок 9.20);
5. При необходимости установить флажок Учитывать при расчете влияние сдвига;
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

Параметры подбора			
bf1o : ... : bf1n	<input type="text"/>	ho : ... : hn	<input type="text"/>
tf1o : ... : tf1n	<input type="text"/>	two : ... : twn	<input type="text"/>

Рисунок 9.20 Параметры подбора

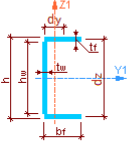
После задания пользователем всех указанных параметров выводится схематический эскиз заданого сечения и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного швеллера (рисунок 9.21).

 В случае ввода пользователем некорректных исходных данных или геометрических характеристик сечения (существование разрывов между листами стали, нарушение ограничений и т.п.) система выполнит проверку и выведет пользователю предупреждение о недопустимых геометрических параметрах и ограничениях.

Стальные сечения стержней : Швеллер свар. 21.6 x 10.3

Имя Описание

Швеллер свар. 21.6 x 10.3

Схема профиля		Полка			Стенка		
		bf, см	tf, см	dy, см	h, см	tw, см	dz, см
		10	0.8	5	20	0.6	20.8

Параметры подбора

bf1o : ... : bf1n	ho : ... : hn
tf1o : ... : tf1n	two : ... : twn

Учитывать при расчете влияние сдвига

Поворот

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	28
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	2131.41333333333
Iz1, см ⁴	305.121904761905
Ix1, см ⁴	5.43573333333334
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.52560952380952
Y1-, см	3.45160525748761
Z1+, см	7.04832451499118
Z1-, см	7.04832451499118
Срезные площади	
Fz, см ²	0
Fy, см ²	0
Секторальный момент инерции	
Iω, см ⁶	22544.6443132152
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	113.2
Sz, см ³	87.4635568513119
Секторальная площадь	
Ω1, см ²	42.2412170953858
Ω2, см ²	0

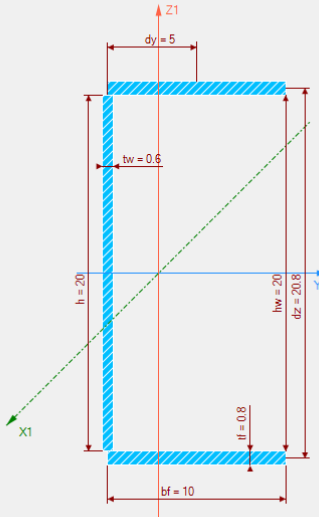


Рисунок 9.21 Окно параметров сечения Швеллер сварной

Швеллер сварной из листа и уголков

Для создания нового сечения швеллер сварной из листа и уголков (рисунок 9.22) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в Стальные сечения ⇒ Шаблоны составных сечений ⇒ Сварные сечения, щелчком мыши выберите Сварные сечения: Швеллер сварной из листа и уголков (рисунок 9.10).

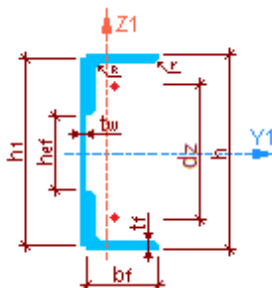


Рисунок 9.22 Схема профиля Швеллер сварной из листа и уголков

В окне параметров сечения Швеллер сварной из листа и уголков в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament уголков (равнополочные / неравнополочные) из **Таблицы сортamentов**;
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Выбрать требуемую ориентацию профиля с помощью **Поворота сечения**;
4. Задать геометрические параметры стенки:
 - **h** (см) – высота стенки;
 - **tw** (см) – толщина стенки;
5. При необходимости задать **Параметры подбора** для дальнейшего конструирования сечения (расчета конструкций) – задается ряд значений **ho;...; hn**; **two;...; twn**; из которого программа выполнит подбор (рисунок 9.23);
6. При использовании сортамента неравнополочных уголков необходимо указать **Ориентацию уголка** относительно стенки швеллера;
7. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**;
8. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

Параметры подбора	
ho : ... : hn	<input type="text"/>
two : ... : twn	<input type="text"/>

Рисунок 9.23 Параметры подбора


После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами сварного швеллера из листа и уголков (рисунок 9.24).

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	3.52022
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	22.934377252464
Iz1, см ⁴	1.17374699421782
Ix1, см ⁴	0.188608
Ядерные расстояния	
Y1+, см	0.163464097495499
Y1-, см	0.455229025005371
Z1+, см	2.03595027907205
Z1-, см	2.03595027907205
Средние площади	
Fx, см ²	1.58381946710585
Fy, см ²	1.93639691707347
Секторальный момент инерции	
Iω, см ⁶	14.7611294478372
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	4.1251174011
Sz, см ³	1.1439340924827
Секторальная площадь	
Ω1, см ²	2.32087486845839
Ω2, см ²	5.17185830869347

Рисунок 9.24 Окно параметров сечения Швеллер сварной из листа и уголков

Сплошные составные сечения из двух или четырёх прокатных профилей

Сплошные составные сечения из двух или четырёх прокатных профилей представлены такими типами сечений: тавр из двух уголков, крест из двух уголков, коробка из двух двутавров, коробка из двух швеллеров, коробка из двух или четырёх уголков, швеллер из двух уголков.

Для доступа к списку сплошных составных сечений из двух или четырёх прокатных профилей используйте горизонтальную закладку **Стальные сечения** (кнопка  **Стальные сечения** в редакторе сечений/жесткостей), в выпадающем меню перейдите в **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения** (рисунок 9.10).

По умолчанию создается новое сечение **Коробка из двутавров**, при однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню со списком **Базовых профилей** из которых можно создавать сечение из двух или четырёх прокатных профилей (рисунок 9.25).

При наведении курсором на один из профилей открывается выпадающее подменю, которое позволяет выбрать ориентацию **Базового профиля** относительно главных осей Z_1OY_1 (рисунок 9.25).

Переход непосредственно к необходимому типу сечения осуществляется одним щелчком мыши по выбранному элементу списка.

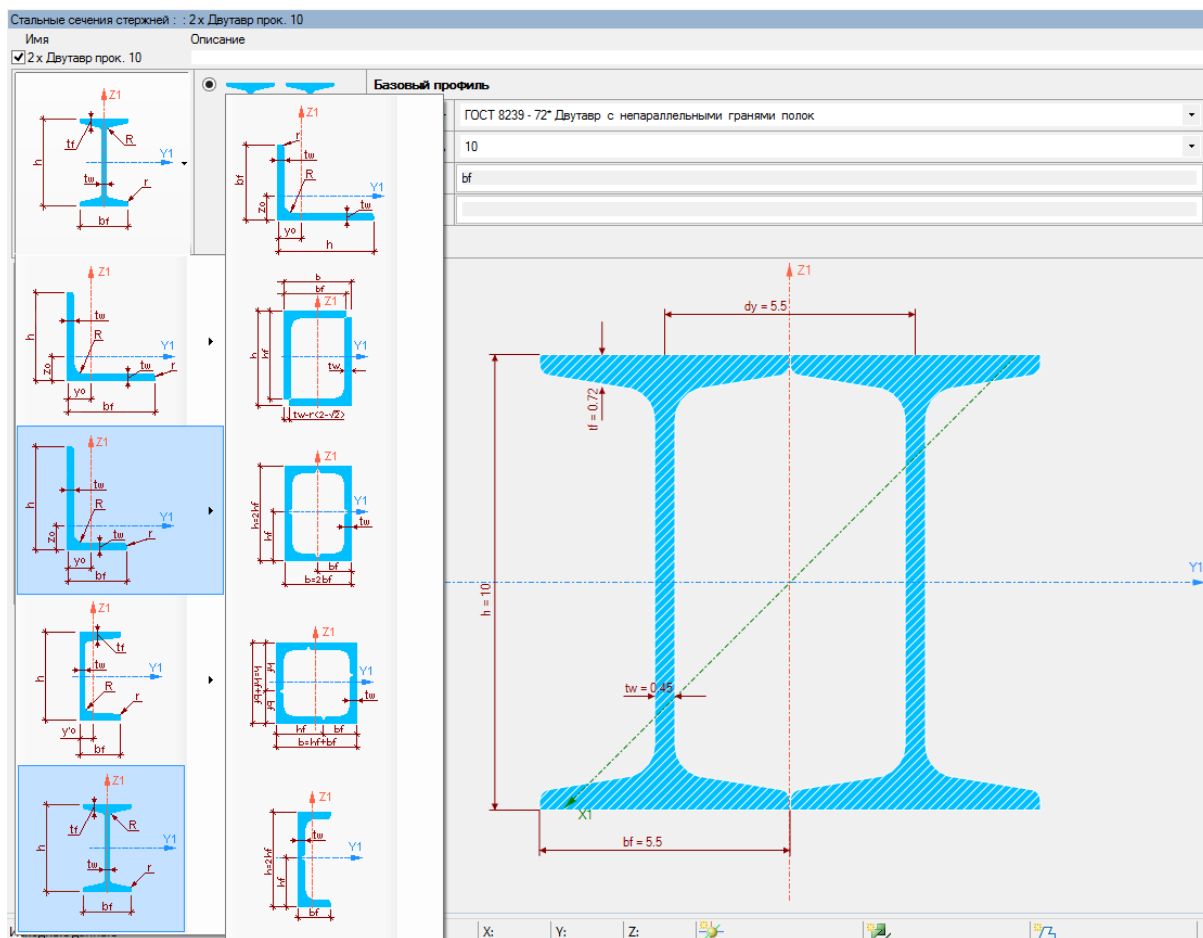


Рисунок 9.25 Список сплошных составных сечений из двух или четырёх прокатных профилей

Спаренные сечения из двутавра

Коробка из двутавров

Для создания нового сечения коробка из двутавров (рисунок 9.26) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.25), щелчком мыши выберите **Спаренные сечения из двутавра** (рисунок 9.26).

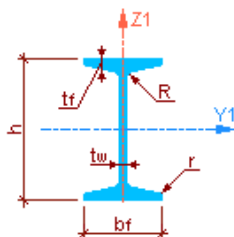


Рисунок 9.26 Схема базового профиля **Спаренные сечения из двутавра**

В окне параметров сечения **Коробка из двутавров** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (рисунок 9.27);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Установить переключатель расположения базовых двутавров относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рисунок 9.28);
4. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

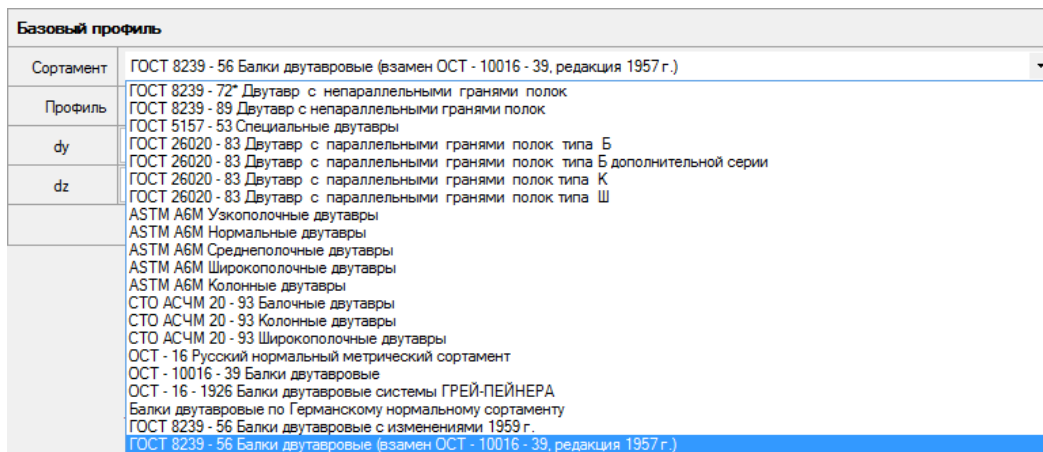


Рисунок 9.27 Сортament двутавров

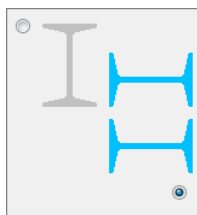


Рисунок 9.28 Переключатель расположения базовых двутавров относительно главных осей

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух прокатных двутавров (рисунок 9.29).

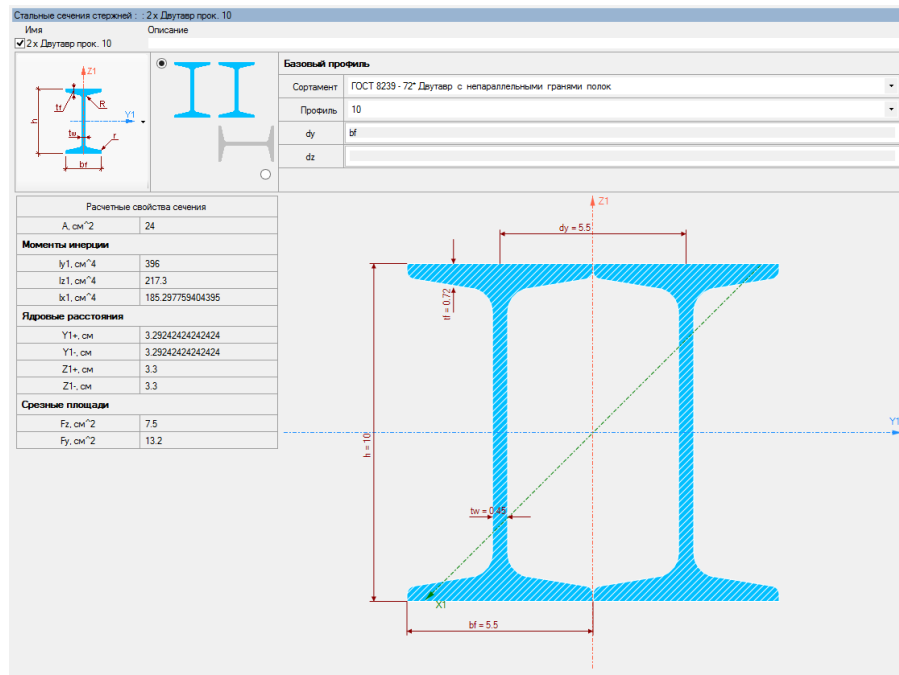


Рисунок 9.29 Окно параметров сечения **Коробка из двутавров**

Спаренные сечения из равнополочного уголка

Спаренные сечения из базового профиля равнополочного прокатного уголка представлены такими типами сечений: тавр из двух уголков, крест из двух уголков, коробка из двух уголков, коробка из четырёх уголков, швеллер из двух уголков (рисунок 9.30).

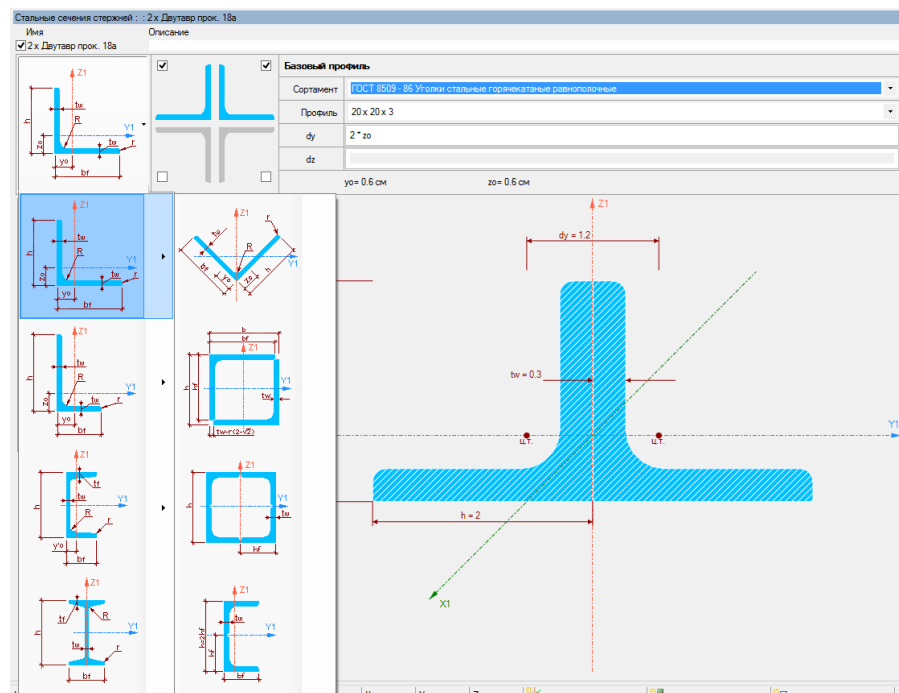


Рисунок 9.30 Список составных сечений из базового профиля **Равнополочный уголок**

Тавр из равнополочных уголков или крест из равнополочных уголков, ориентированных параллельно полкам

Для создания нового сечения тавр из двух равнополочных уголков (рисунок 9.31) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.30), щелчком мыши выберите **Спаренные сечения из равнополочного уголка** (рисунок 9.31).

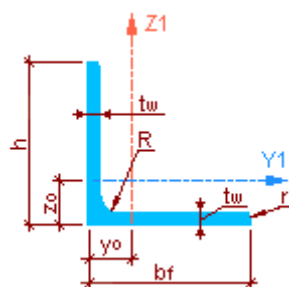


Рисунок 9.31 Схема базового профиля **Спаренные сечения з равнополочного уголка**

В окне параметров сечения **Тавр из равнополочных уголков** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортаментов** (доступный ГОСТ 8509–86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Установить переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рисунок 9.32);
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** – расстояние между главными осями Z базовых уголков;
 - **dz** – расстояние между главными осями Y базовых уголков;
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

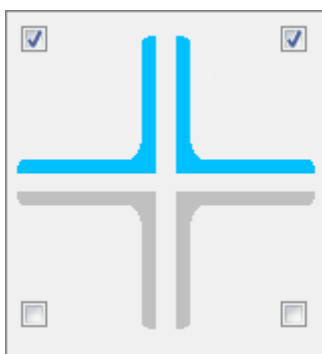



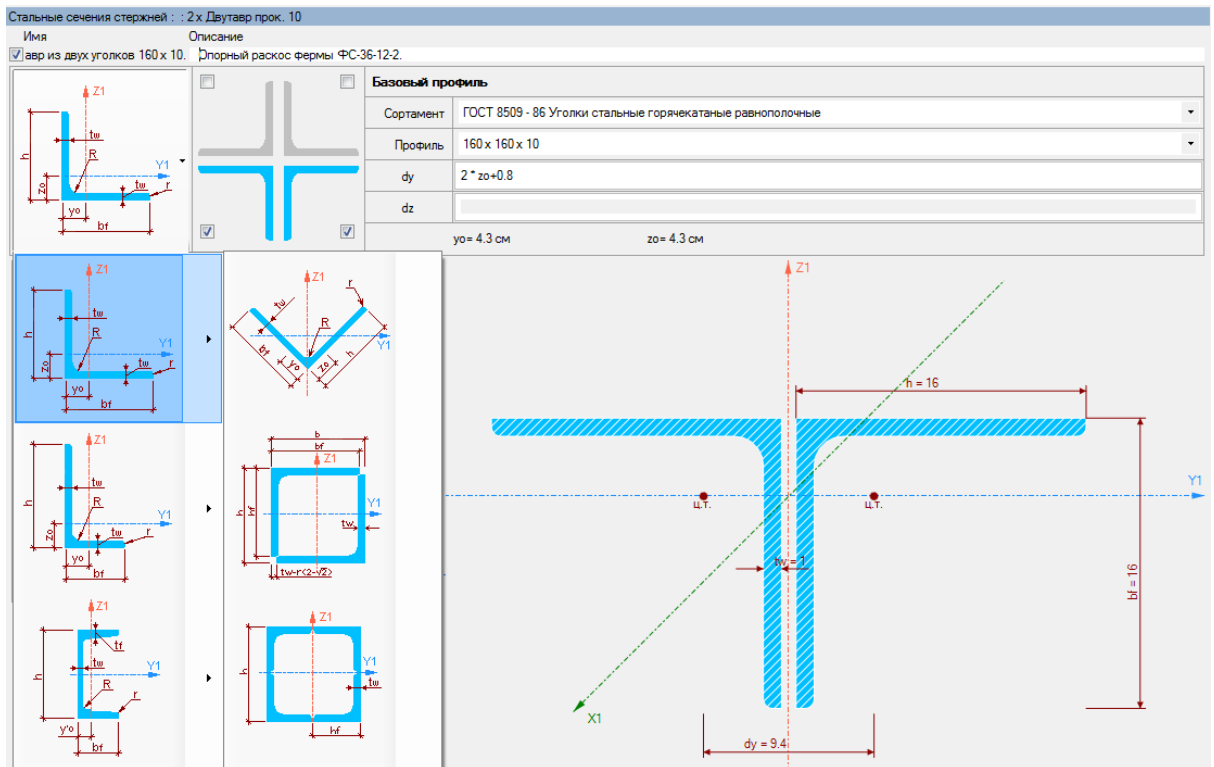
Рисунок 9.32 Переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения


 Редактировать значение **dz** и **dy** можно нажатием сочетания клавиш «**CTRL** + пробел», после чего откроется список параметров сечения (рисунок 9.33).

zo	Привязка центра тяжести относительно внешней грани полки
h	Длина полки
r	Радиус
R	Радиус сопряжения стенки с полкой
tw	Толщина стенки

Рисунок 9.33 Список параметров сечения

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного тавра из двух равнополочных прокатных уголков (рисунок 9.34).

Рисунок 9.34 Окно параметров сечения **Тавр из равнополочных уголков**

 Для создания сечения **Крест из равнополочных уголков**, ориентированных параллельно полкам (рисунок 9.35), необходимо установить переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения в положение 1-я и 3-я четверть или 2-я и 4-я четверть (рисунок 9.32).

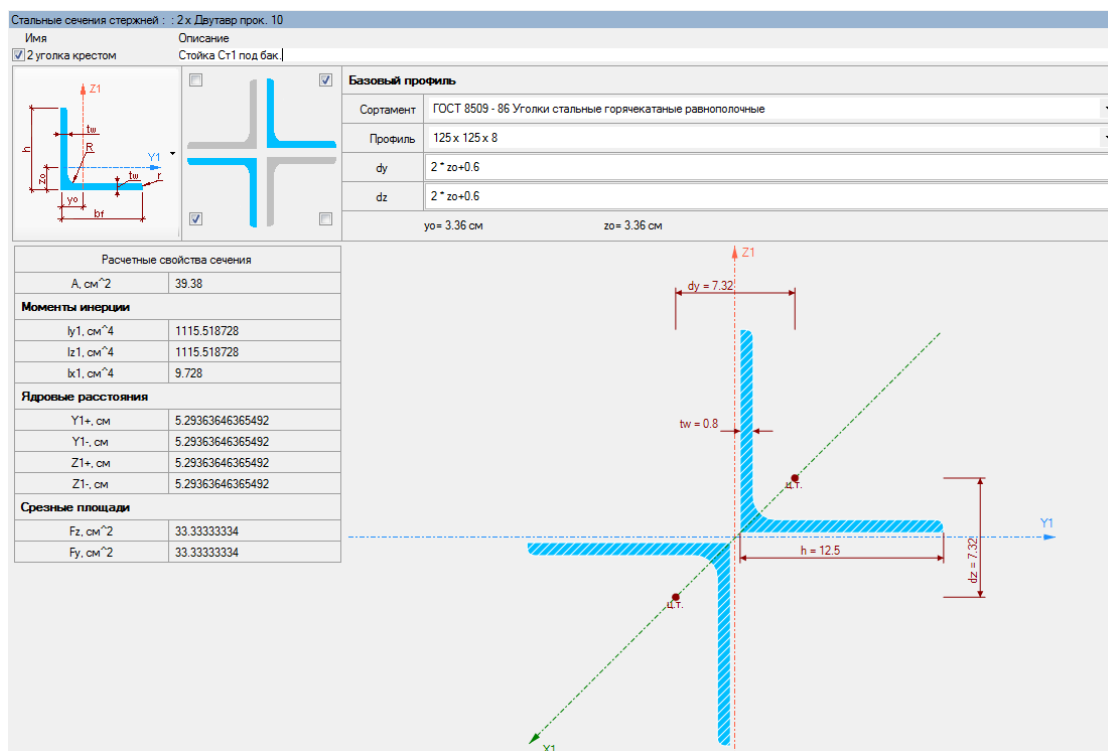


Рисунок 9.35 Окно параметров сечения **Крест из равнополочных уголков, ориентированных параллельно полкам**

Крест из равнополочных уголков, ориентированных по главным осям

Для создания нового сечения крест из двух равнополочных уголков, ориентированных по главным осям (рисунок 9.36), и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.30), выберите **Спаренные сечения из равнополочного уголка** и необходимую ориентацию базового профиля относительно главных осей ZoY.

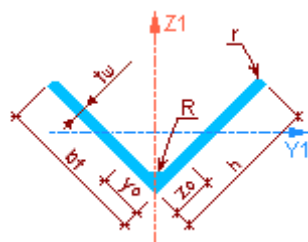


Рисунок 9.36 Схема базового профиля **Спаренные сечения из равнополочного уголка**

В окне параметров сечения **Крест из равнополочных уголков, ориентированных по главным осям**, в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортамент из **Таблицы сортаментов** (доступный ГОСТ 8509–86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;

3. Установить переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рисунок 9.37);
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** – расстояние между главными осями Z базовых уголков;
 - **dz** – расстояние между главными осями Y базовых уголков;
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

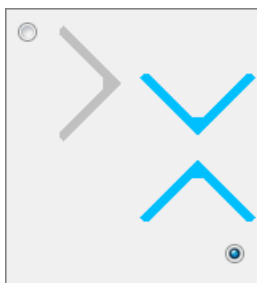


Рисунок 9.37 Переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного креста из двух равнополочных прокатных уголков (рисунок 9.38).

Стальные сечения стержней - 2x Двутавр прок. 10

Имя: 2x Двутавр прок. 10

Описание: 2x Двутавр прок. 10

Базовый профиль:

Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
Профиль	20x 20 x 3
dy	
dz	2.82843 * zo
yo = 0.6 см	zo = 0.6 см

Расчетные свойства сечения

A, см ²	2.26
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	1.96720467861636
Iz1, см ⁴	1.26
Ix1, см ⁴	0.0789
Ядерные расстояния	
Y1+, см	1.44448920327564
Y1-, см	1.44448920327564
Z1+, см	-0.238384081310256
Z1-, см	-0.238384081310256
Срезные площади	
Fz, см ²	2
Fy, см ²	2

3D-модель креста с осями X1, Y1, Z1 и параметрами dy, dz.

Рисунок 9.38 Окно параметров сечения **Крест из равнополочных уголков**

Коробка из двух равнополочных уголков

Для создания нового сечения коробка из двух равнополочных уголков (рисунок 9.39) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на

схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.30), выберите **Спаренные сечения из равнополочного уголка** и щелчком мыши перейдите на **Коробка из двух равнополочных уголков** (рисунок 9.39).

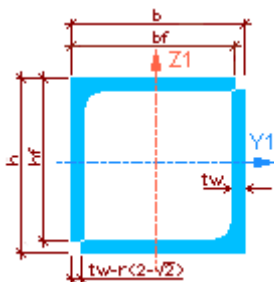


Рисунок 9.39 Схема профиля **Коробка из двух равнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Коробка из двух равнополочных уголков** (рисунок 9.40) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (доступный ГОСТ 8509–86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух равнополочных прокатных уголков (рисунок 9.40).

Стальные сечения стержней : 2 x Двутавр прок. 10

Имя: 2 x Двутавр прок. 10

Описание: 2 x Двутавр прок. 10

Базовый профиль

Сортament: ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные

Профиль: 20 x 20 x 3

dy: _____

dz: _____

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	2.26
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	1.39286081744386
Iz1, см ⁴	1.39286081744386
Ix1, см ⁴	2.15573039314861
Плоские расстояния	
Y1+, см	0.552817455916212
Y1-, см	0.552817455916212
Z1+, см	0.552817455916212
Z1-, см	0.552817455916212
Срезные площади	
Fz, см ²	1.28306093750208
Fy, см ²	1.28306093750208

Рисунок 9.40 Окно параметров сечения **Коробка из двух равнополочных уголков**

Коробка из четырёх равнополочных уголков

Для создания нового сечения коробка из четырёх равнополочных уголков (рисунок 9.41) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.30), выберите **Спаренные сечения из равнополочного уголка** и щелчком мыши перейдите на **Коробка из четырёх равнополочных уголков** (рисунок 9.41).

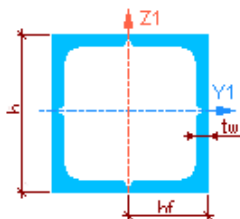


Рисунок 9.41 Схема профиля Коробка из четырёх равнополочных уголков

В окне параметров сечения **Коробка из четырёх равнополочных уголков** (рисунок 9.42) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (доступный ГОСТ 8509–86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из четырех равнополочных прокатных уголков (рисунок 9.42).

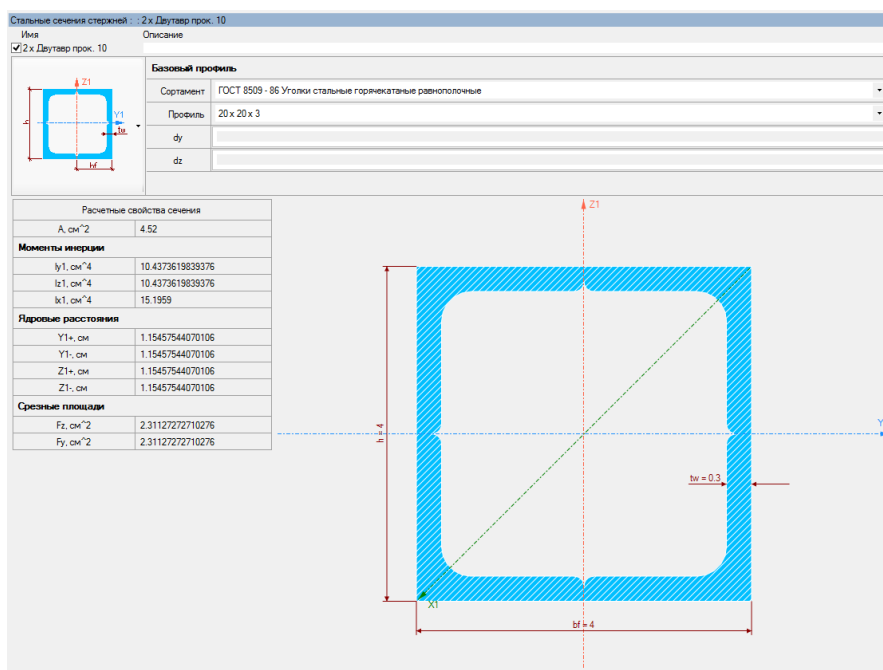


Рисунок 9.42 Окно параметров сечения Коробка из четырёх равнополочных уголков

Швеллер из двух равнополочных уголков

Для создания нового сечения швеллер из двух равнополочных уголков (рисунок 9.43) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.30), выберите **Спаренные сечения из равнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на **Швеллер из двух равнополочных уголков** (рисунок 9.43).

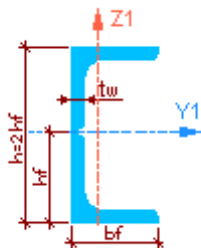


Рисунок 9.43 Схема профиля Швеллер из двух равнополочных уголков

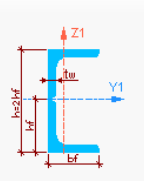
В окне параметров сечения **Швеллер из двух равнополочных уголков** (рисунок 9.44) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (доступный ГОСТ 8509–86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Выбрать ориентацию **Поворота** сечения;
4. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного швеллера из двух равнополочных прокатных уголков (рисунок 9.44).

Стальные сечения стержней : 2 x Двутавр прок. 10


Имя	Описание
2 x Двутавр прок. 10	



Базовый профиль

Сортament: ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные

Профиль: 20 x 20 x 3

Поворот: 

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	2.26
Моменты инерции	
I _{y1} , см ⁴	5.21868099196881
I _{z1} , см ⁴	0.796689095423863
I _{x1} , см ⁴	0.074592
Ядерные расстояния	
Y1+, см	0.252037026094378
Y1-, см	0.586231954038153
Z1+, см	1.15457544070107
Z1-, см	1.15457544070107
Средние площади	
F _z , см ²	1.14937970453366
F _y , см ²	1.04988110387906

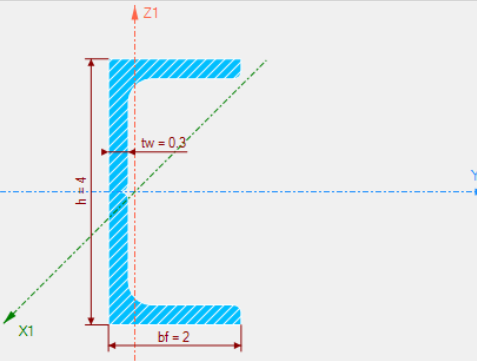


Рисунок 9.44 Окно параметров сечения Швеллер из двух равнополочных уголков

Спаренные сечения из неравнополочного уголка

Спаренные сечения из базового профиля неравнополочного прокатного уголка представлены такими типами сечений: тавр из двух уголков, крест из двух уголков, коробка из двух уголков, коробка из четырёх уголков, швеллер из двух уголков (рисунок 9.45).

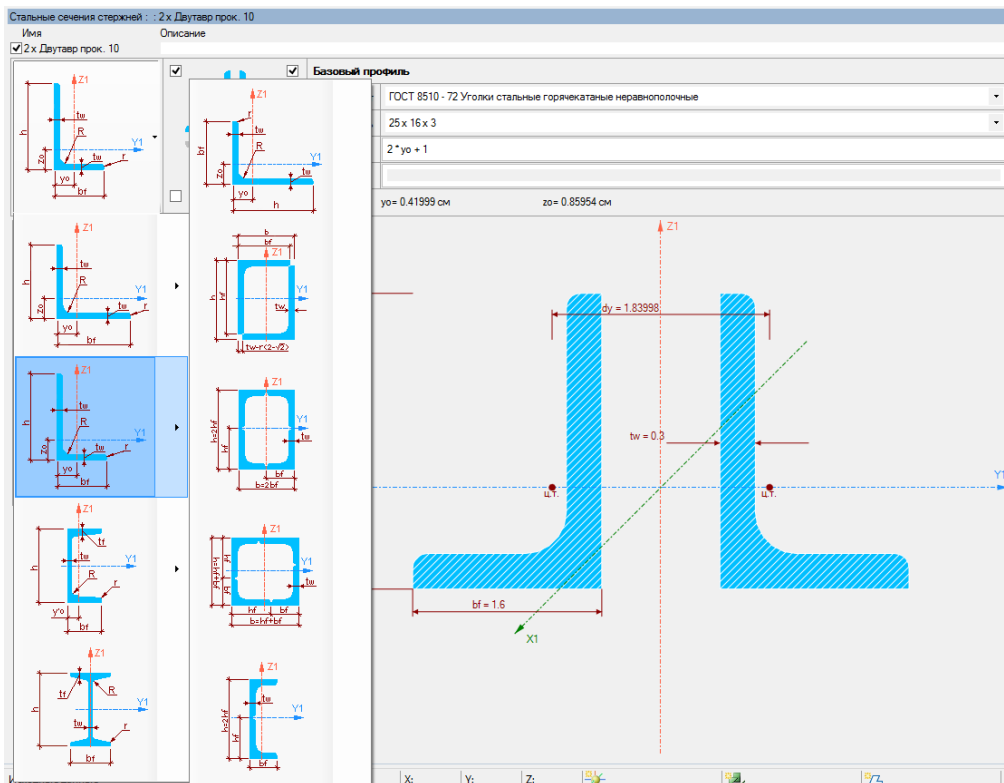


Рисунок 9.45 Список составных сечений из базового профиля **Неравнополочный уголок**

Тавр / крест из двух неравнополочных прокатных уголков

Для создания нового сечения тавр из двух неравнополочных уголков (рисунок 9.46) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.45), выберите **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и необходимую **Ориентацию базового профиля** относительно главных осей Z_0Y (рисунок 9.46).

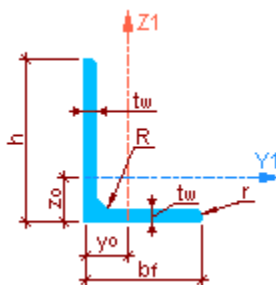


Рисунок 9.46 Схема базового профиля **Спаренные сечения из неравнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Тавр из неравнополочных уголков** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (доступный ГОСТ 8510–72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Установить переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рисунок 9.47);
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** – расстояние между главными осями Z базовых уголков;
 - **dz** – расстояние между главными осями Y базовых уголков;
5. скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

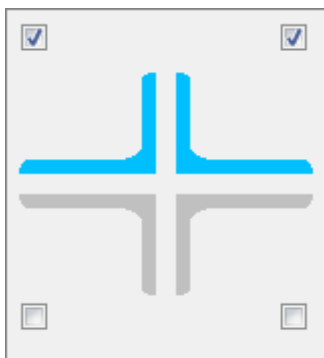




Рисунок 9.47 Переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения

 Редактировать значение **dz** и **dy** можно нажатием сочетания клавиш «**CTRL** + пробел», после чего откроется список параметров сечения (рисунок 9.48).

zo	Привязка центра тяжести относительно внешней грани полки
h	Длина полки
r	Радиус
R	Радиус сопряжения стенки с полкой
tw	Толщина стенки

Рисунок 9.48 Список параметров сечения

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного тавра / креста из двух неравнополочных прокатных уголков (рисунок 9.49).

 Для создания сечения: **Крест из неравнополочных уголков** (рисунок 9.51) необходимо установить переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения в положение 1-я и 3-я четверть или 2-я и 4-я четверть (рисунок 9.47).

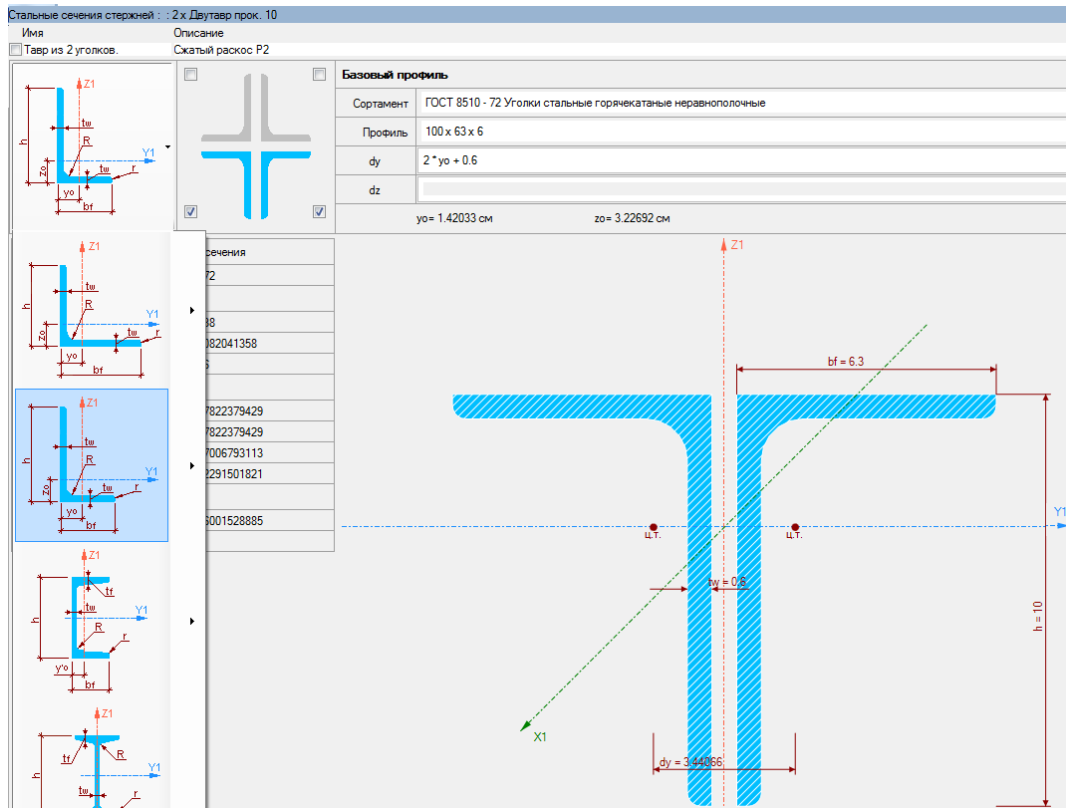



Рисунок 9.49 Окно параметров сечения Тавр из неравнополочных уголков, ориентированных большей стороной вдоль Z_1

 Выбор **Ориентации базового профиля** относительно главных осей Z_1OY_1 осуществляется через выпадающее меню (рисунок 9.45). В результате изменения ориентации базового профиля получаем тавр из двух неравнополочных прокатных уголков (рисунок 9.50).

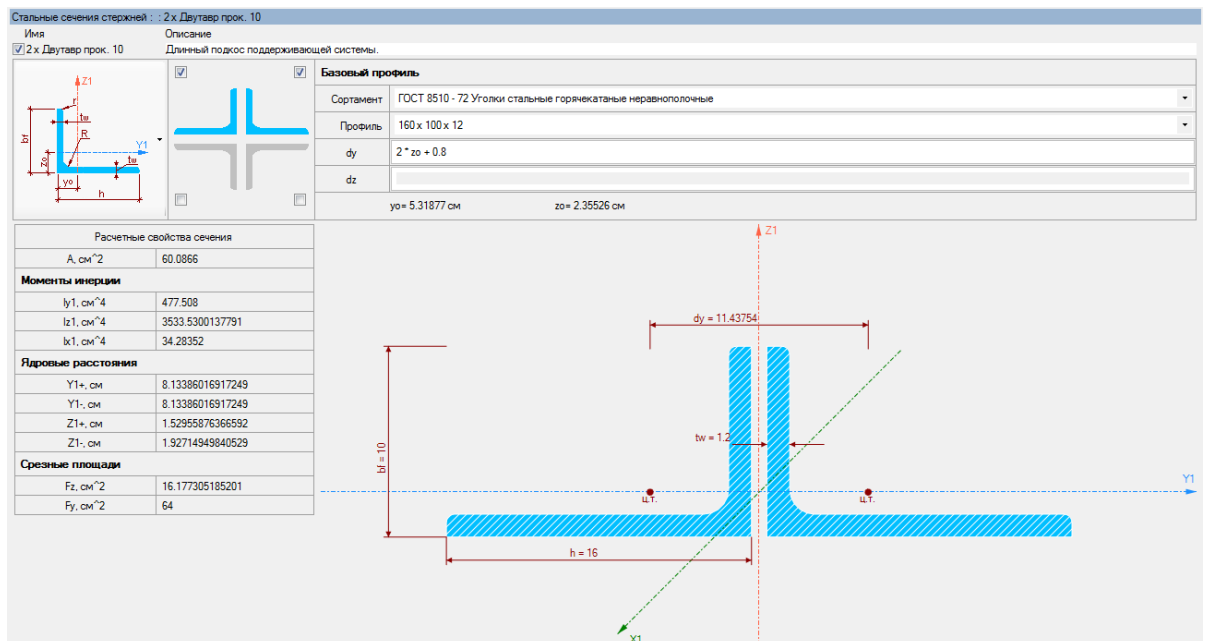


Рисунок 9.50 Окно параметров сечения Тавр из неравнополочных уголков, ориентированных меньшей стороной вдоль Z_1

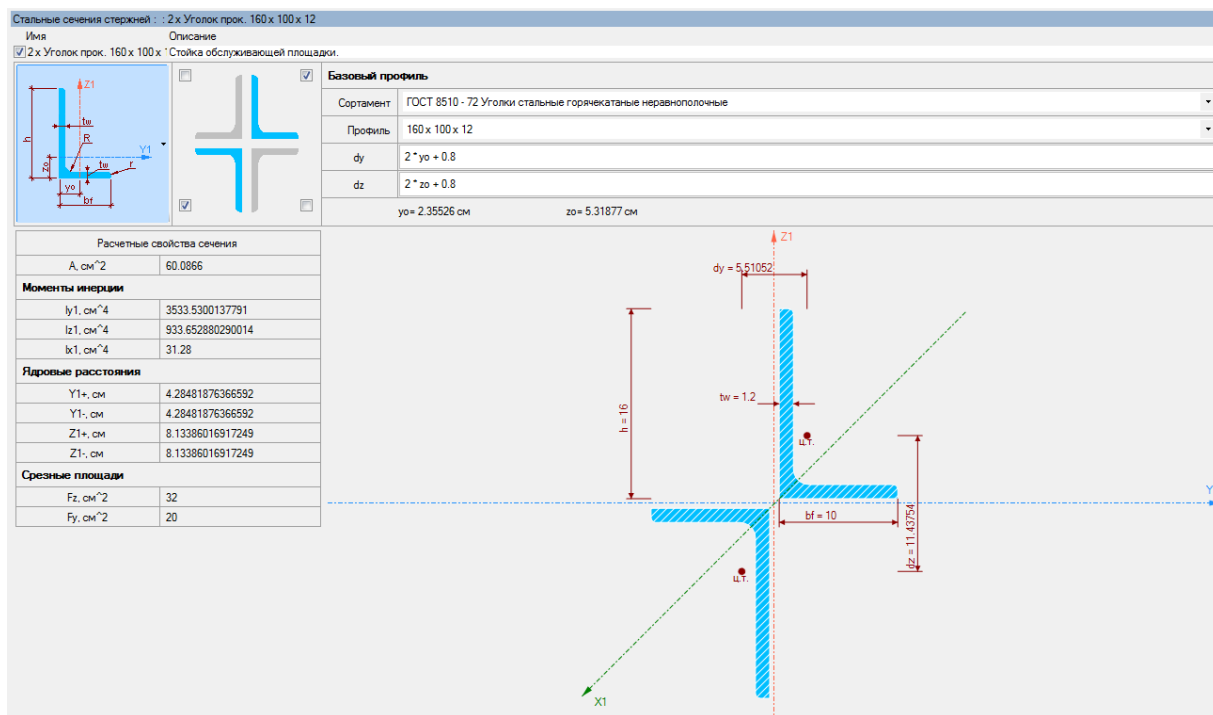


Рисунок 9.51 Окно параметров сечения Крест из неравнополочных уголков

Коробка из двух неравнополочных уголков

Для создания нового сечения коробка из двух неравнополочных уголков (рисунок 9.52) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в Стальные сечения ⇒ Шаблоны составных сечений ⇒ Спаренные сечения. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.45), выберите Спаренные сечения с неравнополочного уголка и щелчком мыши перейдите на Коробка из двух неравнополочных уголков (рисунок 9.52).

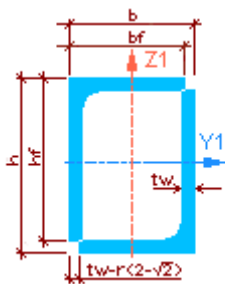


Рисунок 9.52 Схема профиля Коробка из двух неравнополочных уголков

В окне параметров сечения Коробка из двух неравнополочных уголков (рисунок 9.53) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортамент из Таблицы сортаментов (доступный ГОСТ 8510–72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные);
2. Указать нужный Профиль;
3. Выбрать ориентацию Поворота сечения;
4. Скорректировать поля Имя и Описание.

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух неравнополочных прокатных уголков (рисунок 9.53).

Имя: 2х Уголок прок. 25х16х3

Описание: 2х Уголок прок. 25х16х3

Базовый профиль:

Сортамент: ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные

Профиль: 25х16х3

dy:

dz:

Поворот:

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	2.32022
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	1.99902215769467
Iz1, см ⁴	1.00447996707014
Ix1, см ⁴	2.09335886049922
Линейные расстояния	
Y1+, см	0.473217596714732
Y1-, см	0.473217596714732
Z1+, см	0.631251789853541
Z1-, см	0.631251789853541
Срезные площади	
Fz, см ²	1.52836495958672
Fy, см ²	1.08404466816211

h = 2,7297

bf = 1,8297

tw = 0,3

0,2297

0,2297

X1

Y1

Z1

Рисунок 9.53 Окно параметров сечения **Коробка из двух неравнополочных уголков**

Коробка из четырех неравнополочных уголков

Для создания нового сечения коробка из четырёх неравнополочных уголков (рисунок 9.55) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.45), выберите **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на **Коробка из четырёх неравнополочных уголков** (рисунок 9.54).

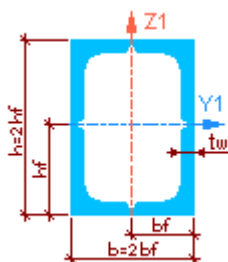


Рисунок 9.54 Схема профиля **Коробка из четырёх неравнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Коробка из четырёх неравнополочных уголков** (рисунок 9.55) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (доступный ГОСТ 8510–72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Выбрать ориентацию **Поворота** сечения;
4. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из четырех неравнополочных прокатных уголков (рисунок 9.55).

Стальные сечения стержней : 2x Двутавр прок. 10

Имя: 2x Двутавр прок. 10

Описание: 2x Двутавр прок. 10

Базовый профиль

Сортament	ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные
Профиль	25 x 16 x 3
dy	
dz	


Поворот: [иконка]

Расчетные свойства сечения

A, см ²	4.64044
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	15.2893577509856
Iz1, см ⁴	7.34445115059218
Ix1, см ⁴	14.6665973684211
Ядровые расстояния	
Y1+, см	0.989191104533215
Y1-, см	0.989191104533215
Z1+, см	1.31792310651452
Z1-, см	1.31792310651452
Срезные площади	
Fz, см ²	2.84092271713924
Fy, см ²	1.87979204763919

Схематический эскиз сечения: $H=45$, $b=32$, $tw=0.3$. Оси $Z1$ и $Y1$ показаны.

Рисунок 9.55 Окно параметров сечения **Коробка из четырёх неравнополочных уголков**

 Выбор **Ориентации базового профиля** относительно главных осей $Z1OY1$ осуществляется через выпадающее меню (рисунок 9.45). В результате изменения ориентации базового профиля получаем коробку из четырёх неравнополочных прокатных уголков (рисунок 9.56).

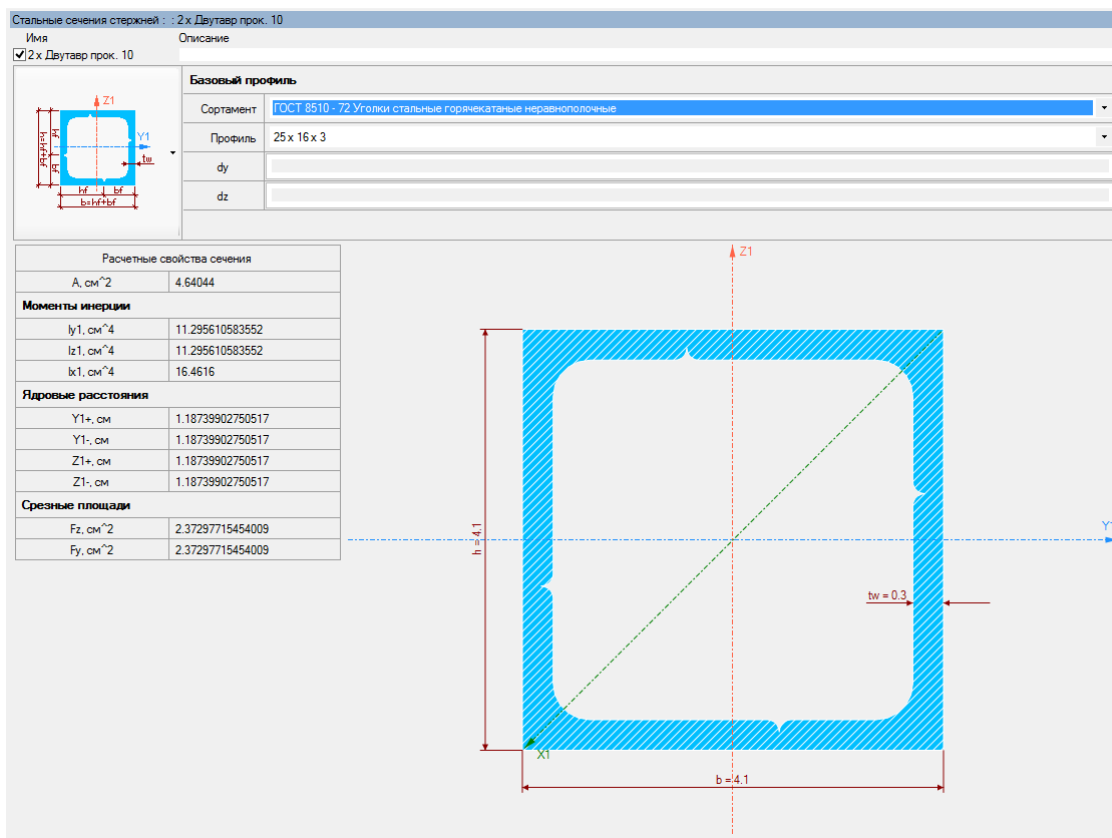


Рисунок 9.56 Окно параметров сечения **Коробка из четырёх неравнополочных уголков**

Швеллер из двух неравнополочных уголков

Для создания нового сечения швеллер из двух неравнополочных уголков (рисунок 9.57) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.45), выберите **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на **Швеллер из двух неравнополочных уголков** (рисунок 9.57).

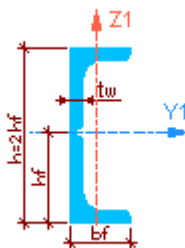


Рисунок 9.57 Схема профиля **Швеллер из двух неравнополочных уголков**

В окне параметров сечения: **Швеллер из двух неравнополочных уголков** (рисунок 9.58) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортамент из **Таблицы сортаментов** (доступный ГОСТ 8510–72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные);

2. Указать нужный **Профиль**;
3. Указать **Ориентацию** уголка;
4. Выбрать ориентацию **Поворота** сечения;
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного швеллера из двух неравнополочных прокатных уголков (рисунок 9.58).

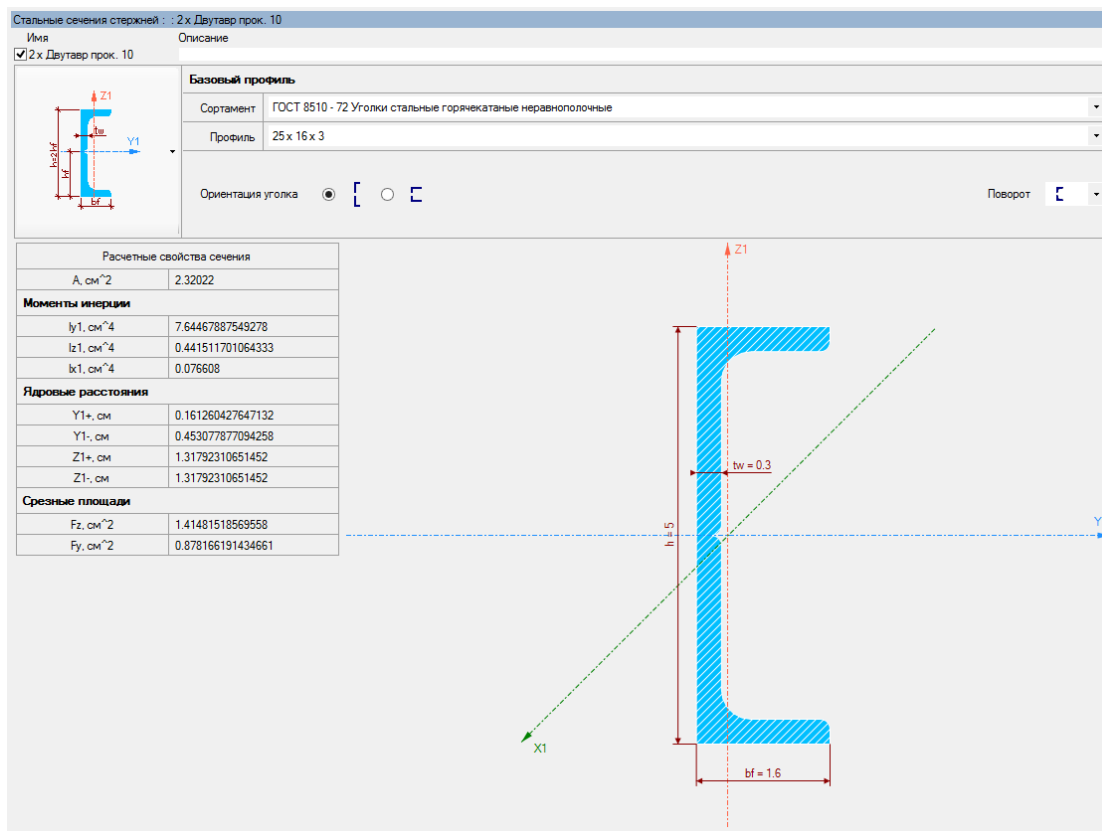


Рисунок 9.58 Окно параметров сечения **Швеллер из двух неравнополочных уголков**

Спаренные сечения из швеллера

Спаренные сечения из базового профиля прокатного швеллера представлены такими типами сечений: двутавр из двух швеллеров, коробка из двух швеллеров (рисунок 9.59).

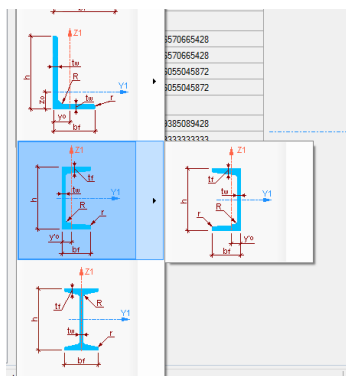


Рисунок 9.59 Список составных сечений из базового профиля **Прокатный швеллер**

Двутавр из двух швеллеров

Для создания нового сечения двутавр из двух прокатных швеллеров (рисунок 9.60) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные сечения** ⇒ **Шаблоны составных сечений** ⇒ **Спаренные сечения**. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.59), щелчком мыши выберите **Спаренные сечения из швеллеров** (рисунок 9.60).

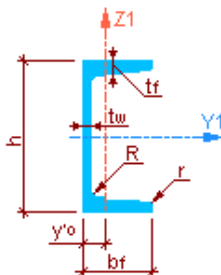


Рисунок 9.60 Схема базового профиля **Спаренные сечения из швеллеров**

В окне параметров сечения **Двутавр из двух швеллеров** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (рисунок 9.61);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Установить переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рисунок 9.62);
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** – расстояние между главными осями Z базовых швеллеров;
 - **dz** – расстояние между главными осями Y базовых швеллеров;
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

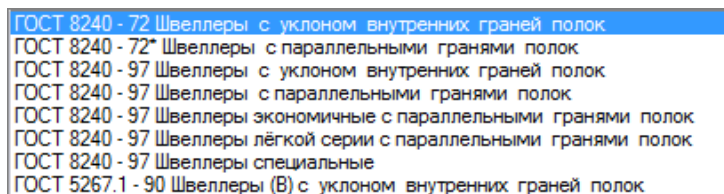


Рисунок 9.61 Сортамент швеллеров

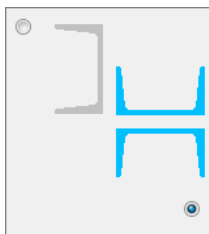



Рисунок 9.62 Переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей

 Редактировать значение **dz** и **dy** можно нажатием сочетания клавиш «**CTRL** + пробел», после чего откроется список параметров сечения (рисунок 9.63).

bf	Ширина пояса
y ₀	Привязка центра тяжести к внешней грани стенки
h	Высота сечения
r	Радиус
R	Радиус сопряжения стенки и пояса
t _f	Толщина пояса
t _w	Толщина стенки

Рисунок 9.63 Список параметров сечения

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного двутавра из двух прокатных швеллеров (рисунок 9.64).

Стальные сечения стержней : 2x Двутавр прок. 10

Имя: 2x Двутавр прок. 10

Описание: 2x Двутавр прок. 10

Базовый профиль

Сортамент	ГОСТ 8240 - 72 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок
Профиль	5
dy	2 * y ₀
dz	
y ₀ = 1.16 см	

Расчетные свойства сечения

A, см ²	12.32
Моменты инерции	
I _{y1} , см ⁴	45.6
I _{z1} , см ⁴	27.777792
I _{x1} , см ⁴	1.82
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.60563279857397
Y1-, см	1.60563279857397
Z1+, см	1.48051948051948
Z1-, см	1.48051948051948
Срезные площади	
F _z , см ²	4.53149487303634
F _y , см ²	7.46666666666667

dy = 2.32

h_f = 0.7

h = 3.2

bf = 3.2

h_w = 0.44

Рисунок 9.64 Окно параметров сечения Двутавр из двух швеллеров

Коробка из двух швеллеров

Для создания нового сечения коробка из двух прокатных швеллеров (рисунок 9.66) и доступа к его параметрам в Редакторе сечений/жесткостей перейдите в Стальные сечения ⇒ Шаблоны составных сечений ⇒ Спаренные сечения. При однократном нажатии на схему профиля отображается выпадающее меню (рисунок 9.59), выберите Спаренные сечения из швеллеров и необходимую ориентацию базового профиля относительно главных осей Z₀Y (рисунок 9.60).

В окне параметров сечения **Коробка из двух швеллеров** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** (рисунок 9.61);
2. Указать нужный **Профиль**;
3. Установить переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рисунок 9.65);
4. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

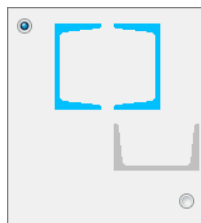


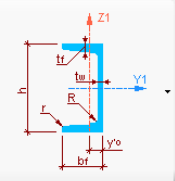
Рисунок 9.65 Переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей

После внесения пользователем изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух прокатных швеллеров (рисунок 9.66).

Стальные сечения стержней : 2x Двутавр прок. 10

Имя Описание

2x Двутавр прок. 10



Базовый профиль

Сортament: ГОСТ 8240 - 72 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок

Профиль: 5

dy: 2*(bf - yo)

dz:

yo = 1.16 см

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	12.32
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	45.6
Iz1, см ⁴	62.470912
Ix1, см ⁴	72.084360380023
Ядерные расстояния	
Y1+, см	1.58459090909091
Y1-, см	1.58459090909091
Z1+, см	1.48051948051948
Z1-, см	1.48051948051948
Срезные площади	
Fz, см ²	7.46666666666667
Fy, см ²	3.66666666666667

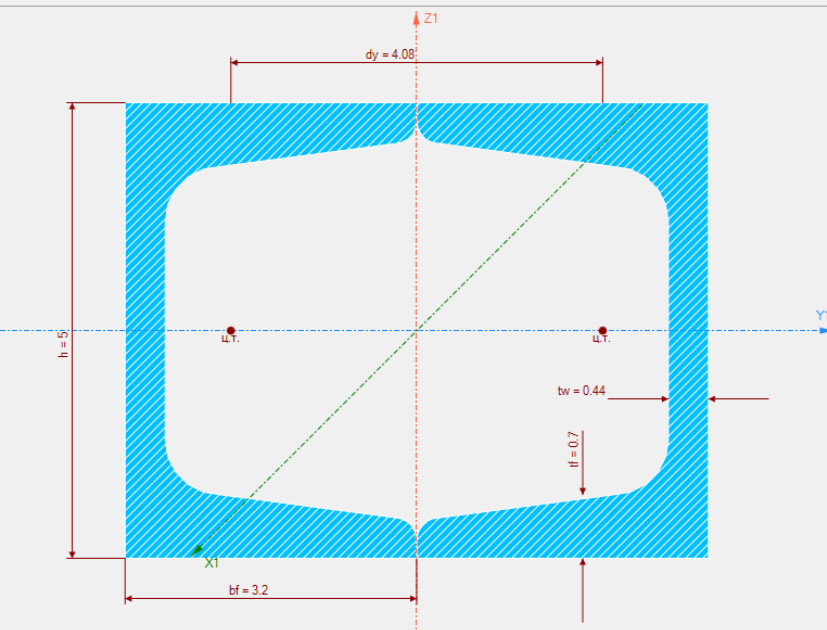
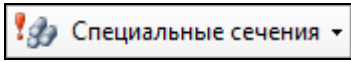


Рисунок 9.66 Окно параметров сечения **Коробка из двух швеллеров**

Специальное сечение плетеный канат

Для создания нового сечения **Плетеный канат** (рисунок 9.67) и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите на горизонтальную закладку **Специальные сечения** (кнопка  в редакторе сечений/жесткостей), из выпадающего списка (рисунок 9.68) выберите элемент **Плетеный канат**.

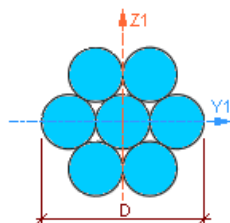


Рисунок 9.67 Схема профиля **Плетеный канат**

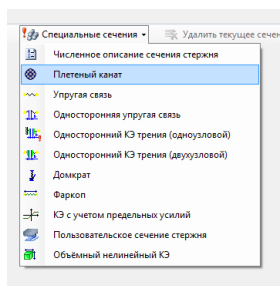


Рисунок 9.68 Список специальных сечений **Плетеный канат**

В окне параметров сечения **Плетеный канат** (рисунок 9.69) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

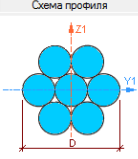
1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов**;
2. Выбрать необходимую **Маркировочную группу**;
3. Указать нужный **Профиль**;
4. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами плетеного каната (рисунок 9.69).

Специальные сечения : Плетеный канат : 2.2

Имя: Плетеный канат 2.2
 Описание: Таблица сортamentов
 Регион: RUS
 Канат: Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7 (1+6) по ГОСТ
 Маркировочная группа: 1370
 Профиль: 2.2

Схема профиля





Расчетные характеристики сечения									
A, см ²	m, кН/м	Моменты инерции, см ⁴		Ядровые расстояния, см				Модуль упругости, КПа	Разрывное усилие, кН
		Iy1	Iz1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-		
0.02750	2.39E-08	0.00001	0.00001	0.00285	0.00285	0.00285	0.00285	1.67E+08	3.46500

Геометрические характеристики сечения																
D, см	Проволоки сердечника				Проволоки в прядях											
	Центральная		В слое		Центральная		Первого слоя		Второго слоя				Третьего слоя		Заполнение	
	Количество во	D, см	Количество во	D, см	Количество во	D, см	Количество во	D, см	Количество во	D, см	Количество во	D, см	Количество во	D, см	Количество во	D, см
0.22000	1	0.075	6	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 9.69 Окно параметров сечения **Плетеный канат**

9.3 РЕДАКТОР БАЗЫ ДАННЫХ СТАЛЬНОГО ПРОКАТА

В ПК ЛИРА предусмотрена возможность создания пользовательских сортаментов на основе существующих или созданных ранее сортаментов. **Редактор базы данных стального проката** предназначен для создания и редактирования пользовательских сортаментов.

Для доступа к **Редактору базы данных стального проката** (рисунок 9.71) с помощью пункта меню (рисунок 9.70) **Редакторы** ⇨ **Редактор сечений/жесткостей** (кнопка  на панели инструментов) вызовите вкладку **Сечения**, далее воспользуйтесь горизонтальной кнопкой **Редактор базы данных** (кнопка  Редактор базы данных в редакторе сечений/жесткостей).

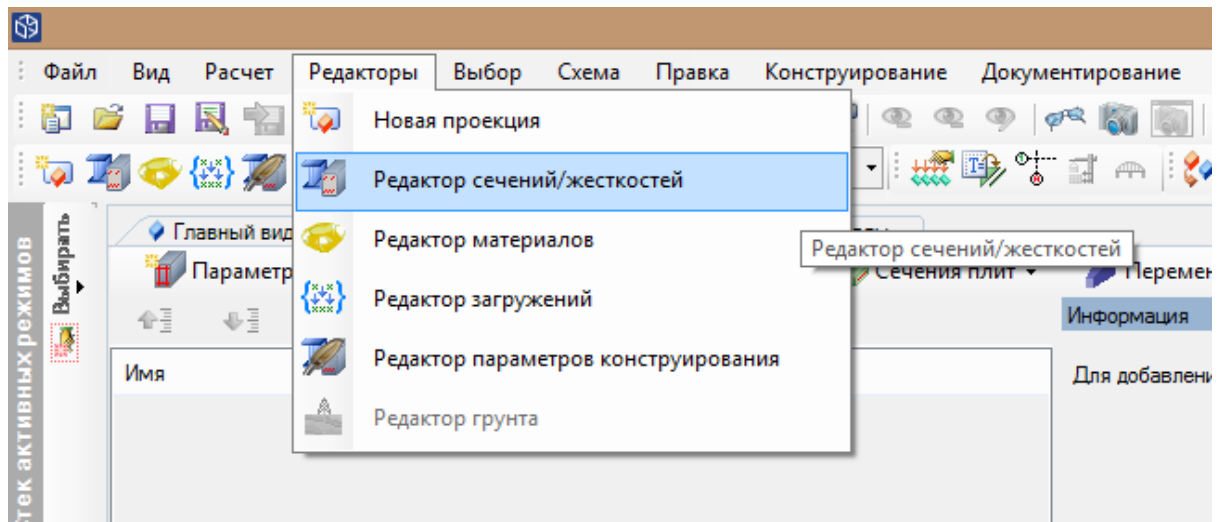









Рисунок 9.70 Меню Редакторы

Имя	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	r, см	k	A, см ²	m, кН/м	γ, °
10	10	5.5	0.45	0.72	0.7	0.25	0.12	12	0.0928	198
12	12	6.4	0.48	0.73	0.75	0.3	0.12	14.7	0.1128	350
14	14	7.3	0.49	0.75	0.8	0.3	0.12	17.4	0.1344	572
16	16	8.1	0.5	0.78	0.85	0.35	0.12	20.2	0.1559	873
18	18	9	0.51	0.81	0.9	0.35	0.12	23.4	0.1804	125
18a	18	10	0.51	0.83	0.9	0.35	0.12	25.4	0.1952	145
20	20	10	0.52	0.84	0.95	0.4	0.12	26.8	0.2059	184
20a	20	11	0.52	0.86	0.95	0.4	0.12	28.9	0.2226	203
22	22	11	0.54	0.87	1	0.4	0.12	30.6	0.2354	255
22a	22	12	0.54	0.89	1	0.4	0.12	32.8	0.253	275
24	24	11.5	0.56	0.95	1.05	0.4	0.12	34.8	0.2677	346
24a	24	12.5	0.56	0.98	1.05	0.4	0.12	37.5	0.2883	380
27	27	12.5	0.6	0.98	1.1	0.45	0.12	40.2	0.3089	501
27a	27	13.5	0.6	1.02	1.1	0.45	0.12	43.2	0.3324	550
30	30	13.5	0.65	1.02	1.2	0.5	0.12	46.5	0.3579	708
30a	30	14.5	0.65	1.07	1.2	0.5	0.12	49.9	0.3844	778
33	33	14	0.7	1.12	1.3	0.5	0.12	53.8	0.4138	984
36	36	14.5	0.75	1.23	1.4	0.6	0.12	61.9	0.4766	133
40	40	15.5	0.83	1.3	1.5	0.6	0.12	72.6	0.559	190
45	45	16	0.9	1.42	1.6	0.7	0.12	84.7	0.6521	276
50	50	17	1	1.52	1.7	0.7	0.12	100	0.7698	397
55	55	18	1.1	1.65	1.8	0.7	0.12	118	0.9081	555
60	60	19	1.2	1.78	2	0.8	0.12	138	1.0591	765

Рисунок 9.71 Редактор базы данных стального проката

В верхней части **Редактора базы данных стального проката** расположены поля **Название таблицы** и **Описание** (рисунок 9.72), а также **Панель управления** (рисунок 9.73), включающая в себя такой функционал:

- **Сохранить таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката);
- **Создать таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката);
- **Добавить таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката);
- **Копировать таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката);
- **Исключить или удалить таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката);
- **Удалить строки** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката);
- **Расчет выделенных строк** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката).

В левом нижнем углу редактора базы данных стального проката расположено схематическое изображение выбранного профиля. В правой части отображается таблица с геометрическими и расчетными характеристиками выбранного сечения (рисунок 9.71).

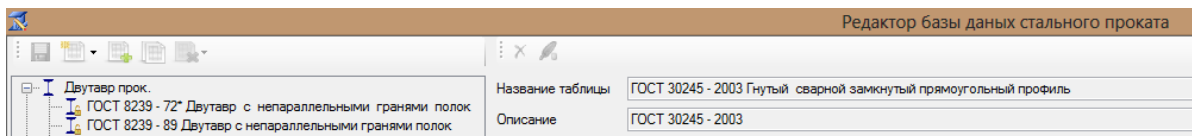



Рисунок 9.72 Редактор базы данных стального проката



Рисунок 9.73 Панель управления редактора базы данных стального проката

Для создания новой таблицы пользовательского сортамента необходимо воспользоваться кнопкой **Создать таблицу** (кнопка  на панели управления в редакторе базы данных стального проката), далее из выпадающего списка (рисунок 9.74) выбрать необходимый тип сортамента.

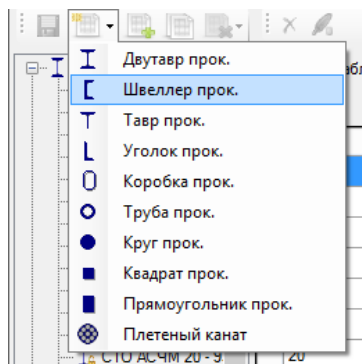



Рисунок 9.74 Создать таблицу Список типов сортаментов


В диалоговом окне **Создать таблицу** (рисунок 9.75) необходимо:


- выбрать необходимый **Тип таблицы**;
- указать **Имя файла**;
- заполнить поля **Название таблицы** и **Описание**;
- выбрать необходимый **Регион**.


Рисунок 9.75 Диалоговое окно **Создать таблицу**

Для сохранения новых данных, занесенных в пользовательскую таблицу сортаментов, необходимо воспользоваться кнопкой **Сохранить таблицу** (кнопка  на панели управления в редакторе базы данных стального проката), после чего система выдаст сообщение об успешной операции сохранения данных.

В ПК ЛИРА предусмотрена возможность добавления внешних таблиц сортаментов в формате *.xml. Для добавления новой таблицы сортаментов необходимо воспользоваться

кнопкой **Добавить таблицу** (кнопка  на панели управления в редакторе базы данных стального проката), после чего будет выведено диалоговое окно, в котором необходимо указать путь к необходимому файлу сортамента.

 В ПК ЛИРА предусмотрен стандартный список сортаментов, редактирование которых пользователем запрещено, они помечены иконкой «замок». Для редактирования или создания пользовательского сортамента, подобного стандартному, необходимо создать копию нужной вам таблицы.

Для создания копии таблицы сортамента, одним нажатием мыши выберите необходимую вам таблицу сортамента и воспользуйтесь кнопкой **Копировать таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката), в открывшемся диалоговом окне **Копировать таблицу** (рисунок 9.76) отредактируйте поля **Имя файла**, **Название таблицы** и **Описание**, а также укажите необходимый **Регион**.

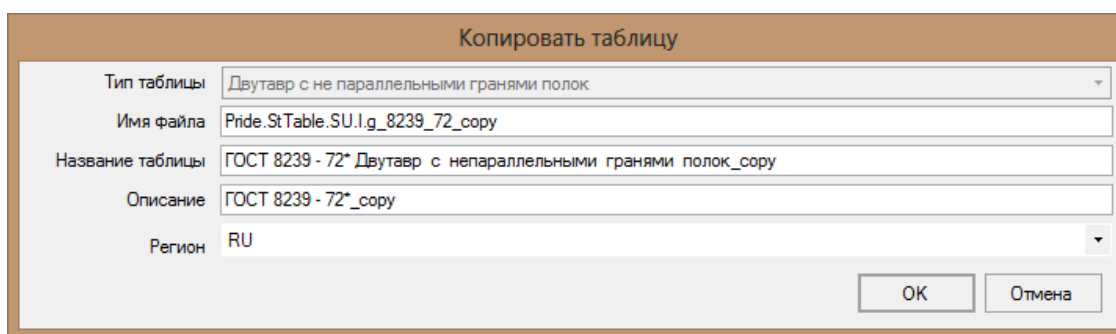



Рисунок 9.76 Диалоговое окно **Копировать таблицу**

При необходимости исключить выбранную вами таблицу из списков сортиментов ПК ЛИРА или полностью удалить таблицу пользовательского сортамента с жесткого диска воспользуйтесь кнопкой **Исключить или удалить таблицу** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката), далее из выпадающего списка (рисунок 9.77) выберите необходимое вам действие.

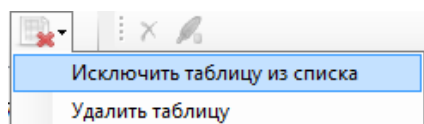




Рисунок 9.77 Выпадающее меню **Исключить или удалить таблицу**

Для удаления записей из таблицы пользовательского сортамента выделите необходимую строку и воспользуйтесь кнопкой **Удалить строки** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката).

В таблицах пользовательского сортамента (рисунок 9.71) ячейки с геометрическими характеристиками сечения (задаются пользователем) имеют белый фон, а с расчетными (заполняются внутрипрограммно и не подлежат корректировке) – темно-серый.

Для выполнения расчета характеристик заданного сечения выделите необходимые вам строки в таблице и воспользуйтесь кнопкой **Расчет выделенных строк** (кнопка  в редакторе базы данных стального проката). В случае некорректно заданных геометрических параметров система выдаст сообщение об ошибке и предложит пользователю возможные варианты решения возникшей проблемы (рисунок 9.78).

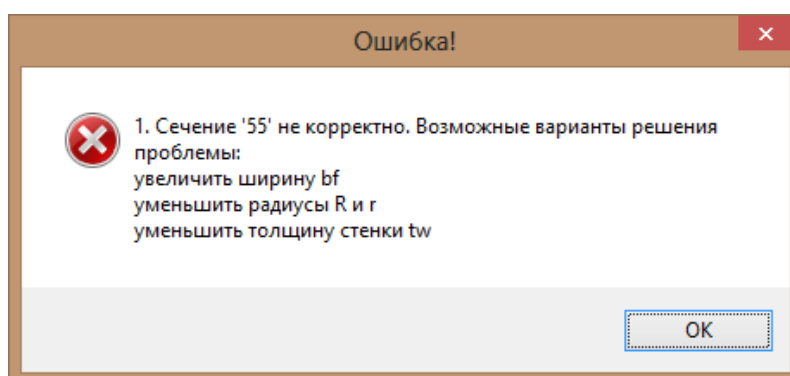


Рисунок 9.78 Сообщение об ошибке

Внимание! При наличии уклона внутренних граней полки k прокатных двутавров и швеллеров нужно обращать внимание на правильность задания толщины полки (рисунок 9.79).

Для прокатных двутавров толщина полки t_f должна задаваться на расстоянии $\frac{b+t_w}{4}$ от оси профиля, как это предусмотрено в большинстве стандартов. Если в рассматриваемом сортаменте двутавра толщина полки приведена на расстоянии $\frac{b}{4}$ от оси, то для получения правильных геометрических характеристик сечения нужно задать уточнённую толщину полки

$$t_f = t_{b/4} - \frac{k t_w}{4}.$$

То же относится и к прокатным швеллерам. При наличии уклона внутренних граней полки k прокатных швеллеров толщина полки t_f должна задаваться на расстоянии $\frac{b+t_w}{2}$ от наружной грани стенки, как это предусмотрено в большинстве стандартов. Если в рассматриваемом сортаменте швеллера толщина полки приведена на расстоянии $\frac{b}{2}$ от наружной грани стенки, то для получения правильных геометрических характеристик сечения нужно задать

уточнённую толщину полки $t_f = t_{b/2} - \frac{k t_w}{2}$.

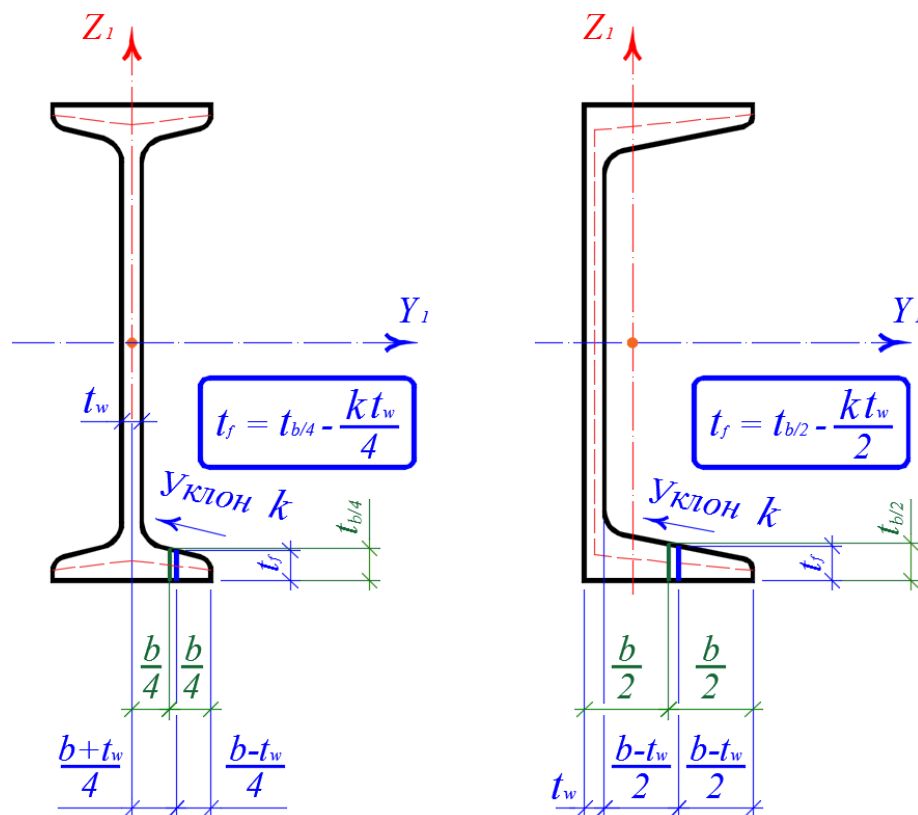











Рисунок 9.79 Уточнённая толщина полки

9.4 ЗАДАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ


9.4.1 Типы сечений по конструированию

Для задания параметров конструирования металлическим конструкциям нужно с помощью меню **Редакторы** ⇒ **Редактор параметров конструирования** (кнопка  на панели инструментов) вызвать вкладку **Конструирование**, в которой из выпадающего списка горизонтальной закладки **Стальные сечения**  выбрать нужную топологию сечений.

Все сечения разбиты на типы, каждый из которых имеет свою топологию:

1. Топология симметричных двутавров . Сюда входят:
 - прокатные двутавры различных сортаментов;
 - сварные симметричные двутавры из листовой стали;
 - двутавры из двух спаренных швеллеров с сухариками.
2. Топология швеллеров . Сюда входят:
 - швеллеры прокатные различных сортаментов;
 - швеллеры сварные из уголков;
 - швеллеры сварные из уголков со стенкой из листа;
 - сварные швеллеры из листовой стали.
3. Топология уголков . В программе тип сечения данной топологии работает только на осевые усилия, о чём выдаётся соответствующее предупреждение. Сюда входят:
 - одиночные уголки равнополочные или неравнополочные;
 - крестовые сечения из двух уголков.
4. Топология коробок . Сюда входят:
 - гнутосварные квадратные или прямоугольные профили различных сортаментов;
 - сварные коробки из двух швеллеров;
 - сварные коробки из двух двутавров;
 - сварные коробки из двух равнополочных или неравнополочных уголков;
 - сварные коробки из четырёх уголков.
5. Топология несимметричных двутавров и тавров . Сюда входят:
 - несимметричные сварные двутавры с одной осью симметрии;
 - тавры любой допустимой высоты из прокатных двутавров;
 - тавры из парных уголков с сухариками.
6. Топология труб . Сюда входят:
 - круглые трубы бесшовные или прямошовные;
 - сплошной круглый профиль.
7. Топология полосы . Сюда входят:
 - сплошной квадратный профиль;

- прямоугольный профиль (полоса) с любым соотношением сторон.

8. Топология канатов . Эти сечения относятся к специальным и могут быть проверены по разрывным усилиям.

9.4.2 Исходные данные, задаваемые для всех типов сечений

На рисунке 9.80 приведен общий вид диалогового окна задания параметров конструирования для стальных стержней топологий двутавра и швеллера. Для остальных топологий (уголков, несимметричных двутавров и тавров, труб, канатов и полосы) оно имеет некоторые отличия.

Параметры конструирования стальных стержней

Нормативный документ
СНиП II-23-81*

Имя Топология двутавров Описание

Первое предельное состояние

Коэффициент надежности по ответственности: γ_n 1

Допускается развитие пластических деформаций
 Зона чистого изгиба

Прочность		Устойчивость	
Коэффициент условий работы: γ_c 1	Выбрать γ_c по СНиП II-23-81*	Коэффициент условий работы: γ_c 1	Выбрать γ_c по СНиП II-23-81*
<input type="checkbox"/> Наличие ослаблений в стенке при проверке по касательным напряжениям		Расчетная длина относительно Y1	
Шаг отверстий: a м		<input checked="" type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_y 1	
Диаметр отверстий: d м		<input type="radio"/> Расчетная длина: l_{efy} м	
<input type="checkbox"/> Локальные напряжения: σ_{loc} тс/м ²		Расчетная длина относительно Z1	
		<input checked="" type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_z 1	
		<input type="radio"/> Расчетная длина: l_{efz} м	
		Расчетная длина для вычисления Φ_b	
		<input checked="" type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_b 1	
		<input type="radio"/> Расчетная длина: l_{efb} м	
		Схема работы относительно Φ_b : <input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная	
		Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости	
		Одно закрепление в середине	
		Вид нагрузки	
		Сосредоточенная в середине	
		Нагруженный пояс	
		Растянутый	

Местная устойчивость

Стенка

Наличие ребер жесткости Шаг м

Допускается конструкция с гибкой стенкой

Второе предельное состояние

Коэффициент надежности по ответственности: γ_n 1

Проверка по гибкости

Сжатые элементы

Основные колонны, пояса и опорные раскосы стропильных ферм: 180 - 60 α

Врожденные колонны, стойки фанерка, рядовые элементы решетки стропильных ферм: 210 - 60 α

Прочие конструкции:

Растянутые элементы

Проверка по деформациям

Прогобы относительно локальной оси Z1 в плоскости X1OZ1:

Длина пролета

Автоматически l_{z1} м

Точно

Схема работы: Балочная Консольная

Максимально допустимый прогиб:

В мм	В долях пролета	Автоматически по п.2а табл.19 СНиП 2.01.07-85*
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> $l_{z1} /$	<input type="radio"/> Высота помещения <input type="radio"/> $<= b_m$ <input type="radio"/> $> b_m$

Деформации относительно локальной оси Y1 в плоскости X1OY1:

Длина пролета

Автоматически l_{y1} м

Точно

Схема работы: Балочная Консольная

Максимально допустимые деформации:

В мм	В долях пролета	Автоматически по п.2а табл.19 СНиП 2.01.07-85*
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> $l_{y1} /$	<input type="radio"/> Высота помещения <input type="radio"/> $<= b_m$ <input type="radio"/> $> b_m$


Рисунок 9.80 Общий вид диалогового окна задания параметров конструирования для стальных стержней

К общим исходным данным, которые нужно задать в параметрах конструирования относятся:

1. **Нормативный документ** – из выпадающего списка можно выбрать нормы проектирования стальных конструкций:

- СНиП II-23-81*;
- СП 16.13330.2011;
- ДБН В.2.6-163:2010.

2. **Коэффициент надёжности по ответственности** – задается в соответствии с **ГОСТ 27751 п. 5** (если в качестве нормативного документа был выбран СНиП II-23-81* или СП 16.13330.2011) или ДБН В.1.2-14-2009 таблица 5 (если в качестве нормативного документа был выбран ДБН В.2.6-163:2010).

 Данный коэффициент в параметрах конструирования задается два раза: первый раз для первого предельного состояния, второй раз для второго предельного состояния.

3. Допуск развития пластических деформаций:

- если в качестве нормативного документа был выбран СНиП II-23-81*, то в диалоговом окне предоставляется возможность поставить флажок напротив **Допускается развитие пластических деформаций**;
- если в качестве нормативного документа был выбран СП 16.13330.2011 или ДБН В.2.6-163:2010, то в диалоговом окне предоставляется возможность выбрать из выпадающего списка **Класс конструкции по виду напряженно-деформированного состояния** один из трёх классов НДС (**1 НДС, 2 НДС** или **3 НДС**).

4. **Зона чистого изгиба** – значение данного параметра необходимо для выполнения проверки сечений с учётом пластических деформаций и также для проверки устойчивости по φ_b .

5. **Коэффициент условий работы** – можно задать вручную, введя значение γ_c в соответствующее поле, а можно с помощью соответствующих таблиц СНиП II-23-81*, СП 16.13330.2011 или ДБН В.1.2-14-2009, нажав на кнопку **Выбрать γ_c по СНиП II-23-81*** (если в качестве нормативного документа был выбран СНиП II-23-81*) или **Выбрать γ_c по СП 16.13330.2011** (если в качестве нормативного документа был выбран СП 16.13330.2011) или **Выбрать γ_c по ДБН В.2.6-163:2010** (если в качестве нормативного документа был выбран ДБН В.2.6-163:2010).

6. Расчётные длины элементов стальных конструкций задаются относительно локальных осей Y1 и Z1. В зависимости от того, какая из радио-кнопок (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) активирована, вводится коэффициент к геометрической длине конструктивного элемента или значение расчетной длины в метрах. Если рассматриваемый элемент не входит в состав конструктивного элемента, коэффициент приведения длины принимается к геометрической длине самого конечного элемента. При задании расчётной длины нужно руководствоваться (в зависимости от выбранного нормативного документа) разделом б [9.10], разделом 10 [9.11] или разделом 1.9 [9.6].

7. **Проверка гибкости** – для активации нужно поставить соответствующий флажок и с помощью радио-кнопок (в топологиях двутавров, швеллеров, несимметричных двутавров/тав-

ров) или выпадающего списка (в топологиях уголков, коробок, труб и полосы) выбрать подходящие параметры проверки гибкости для **Сжатых элементов** и также задать нужное значение предельной гибкости для **Растянутых элементов**.

8. **Проверка по деформациям** – задаются параметры для проверки предельно-допустимых прогибов относительно локальных осей Y1 и Z1. Для активации проверки по деформациям нужно поставить флажок возле **Проверка по деформациям**, далее, путем проставления флажков, выбрать относительно каких осей нужно выполнить проверку (**Прогибы относительно оси Z1** и **Прогибы относительно оси Y1**). После этого нужно задать длину пролета с помощью нажатия на радио-кнопку **«Автоматически»** (длина пролета равняется расстоянию между раскреплениями в пределах конструктивного элемента, которому присваиваются данные параметры конструирования, или его геометрической длине, если не заданы раскрепления) или **«Точно»** (задается длина пролета в метрах). В случае точного задания длины пролета, далее с помощью нажатия на радио-кнопку указывается схема работы конструкции: **Балочная** или **Консольная**. Потом нужно выбрать один из трех вариантов задания максимально допустимого прогиба:


- **В мм** – значение задается в миллиметрах;
- **В долях пролета** – указывается знаменатель, т.е. во сколько раз должен быть меньшим максимальный прогиб от длины пролета конструкции;
- **Автоматически по п. 2а табл.19 СНиП 2.01.07-85*** (**Автоматически по п. 2а табл.Е1 СП 20.13330.2011** или **Автоматически по п. 2а табл.1 ДСТУ Б В.1.2-3:2006**) – с помощью нажатия на радио-кнопку **«≤6м»** или **«>6м»** задается предел высоты конструкции, с помощью которого программа, пользуясь соответствующими нормами, сама определяет максимальный прогиб.

На определение прогибов в конструктивном элементе влияют заданные ему раскрепления, которые позволяют определить прогиб рассматриваемого конструктивного элемента без учёта перемещения его опор. (подробное описание расстановки раскреплений приведено в п. 9.3.3).

Каждая топология имеет дополнительные исходные данные, которые присущие только им:


1. Для топологий двутавров и швеллеров дополнительно задаются параметры для определения коэффициента φ_b :

- **Расчётная длина для вычисления φ_b** – в зависимости от того, какая из радио-кнопок (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) активирована, вводится или коэффициент к расчётной длине, или значение расчетной длины в метрах;
- **Схема работы относительно φ_b** – с помощью нажатия на соответствующую радио-кнопку (**Балочная** или **Консольная**) выбирается схема работы изгибаемого элемента;
- **Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости** – задается с помощью соответствующего выпадающего списка (зависит от выбранной схемы работы относительно φ_b);
- **Вид нагрузки** – задается с помощью соответствующего выпадающего списка (зависит от выбранного количества закреплений);

 Если вид нагрузки отличается от предлагаемых нормами, следует выбрать тот вид нагрузки из норм, который даёт эпюру M_y на участке l_{ef} , в которую можно вписать фактическую эпюру изгибаемых моментов.





- **Нагруженный пояс** – задается с помощью соответствующего выпадающего списка.

Выше приведенные параметры задаются согласно строительным нормам [9.10, приложение 7*, таблицы 77 и 78*], [9.11, приложение Ж, таблицы Ж1 и Ж2], [9.6, приложение П, таблицы П1 и П2].

 Если очевидно, что проверка изгибаемых элементов на устойчивость плоской формы изгиба по φ_b не понадобится, нужно выбрать **Балочную** схему работы по φ_b и поставить количество закреплений **Два и больше закреплений, делящих пролет на равные части**. Не следует задавать расчётную длину по φ_b равной нулю, если она действительно не равна нулю, т.к. она ещё используется в проверке устойчивости по изгибно-крутильной форме по φ_z .

2. Для топологии уголков требуется дополнительно указать применяемый для расчёта устойчивости **Радиус инерции**. Задается он с помощью соответствующего выпадающего списка. Выбирать радиус инерции нужно в соответствии со строительными нормами [9.10, п. 6.4, 6.5* и 6.6], [9.11, п. 10.1.4, 10.2.1 и 10.2.3], [9.6, п. 1.9.1.4, 1.9.1.5 и 1.9.9.2].

3. Для топологии несимметричных двутавров и тавров, как и для топологий двутавров и швеллеров, дополнительно задаются параметры для определения коэффициента φ_b :

- **Расчётная длина для вычисления φ_b** – в зависимости от того, какая из радио-кнопок (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) активирована, вводится или коэффициент к расчётной длине, или значение расчетной длины в метрах;
- **Схема работы относительно φ_b** – возможен только вариант **Балочной** схемы работы, поскольку для несимметричных двутавров и тавров в нормах отсутствуют данные по проверке на устойчивость по φ_b для консолей;
- **Вид нагрузки** – задается с помощью соответствующего выпадающего списка.
- **Нагруженный пояс** – задается с помощью радио-кнопки, возле которой схематически изображен нагруженный пояс (, ,  или ).

Выше приведенные параметры задаются согласно строительным нормам [9.10, приложение 7*, таблицы 79, 80 и 81], [9.11, приложение Ж, таблицы Ж3, Ж4 и Ж5], [9.6, приложение П, таблицы П3, П4 и П5].

4. Для топологии полосы дополнительно также задаются параметры для определения коэффициента φ_b :

- **Расчётная длина для вычисления φ_b** – в зависимости от того, какая из радио-кнопок (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) активирована,


- вводится или коэффициент к расчётной длине, или значение расчетной длины в метрах;
- **Схема работы относительно φ_b** – с помощью нажатия на соответствующую радио-кнопку (**Балочная** или **Консольная**) выбирается схема работы изгибаемого элемента;
 - **Вид нагрузки** – задается с помощью соответствующего выпадающего списка (зависит от выбранной схемы работы относительно φ_b);
 - **Уровень приложения нагрузки** – задается с помощью соответствующего выпадающего списка.

9.4.3 Задание раскреплений для проверки прогибов балочных конструкций

Раскрепления опор применяются при проверке или подборе конструкций по условию максимально допустимого прогиба. Перечень конструкций, нуждающихся в такой проверке, приведен в разделе 10, п. 10.2 [9.9], в разделе Е.2.1 [9.12], в разделе 5 [9.7].

Раскрепления опор используется для того, чтобы из общего прогиба конструкции в составе расчётной схемы вычесть перемещения её опор. Прогибы элемента в месте раскрепления в заданном направлении принимаются равными нулю, а прогибы на участке между раскреплениями вычисляются относительно прямой, соединяющей раскрепления. Раскрепления задаются в местных осях стержневого элемента.

Раскрепления задаются с помощью пункта меню **Конструирование** ⇒ **Установить раскрепления для прогибов**.

Также можно использовать кнопку «**Установить раскрепление для прогибов**»  на панели инструментов.

После этого в меню установки раскреплений (рисунок 9.81) следует установить направление раскреплений и выбрать удобную для рассматриваемого случая политику назначения раскреплений. (Например, для балок перекрытия, расположенных в горизонтальной плоскости, местная ось Z_1 которых направлена вверх, достаточно дать раскрепление по Z_1). С помощью этого же меню можно удалить ненужные раскрепления.

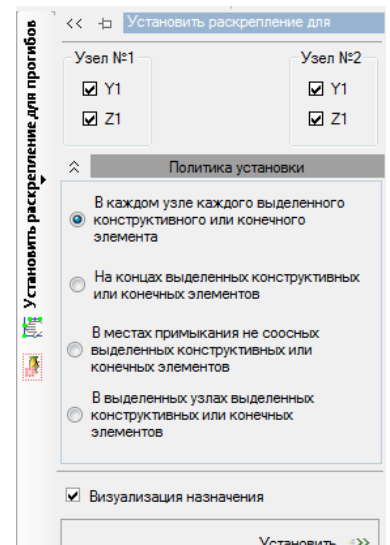





Рисунок 9.81 Меню раскреплений

9.5 ЧТЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТА

Получение результатов в виде протокола

Для получения протокола расчета по стальным конструкциям необходимо:

- перейти в режим результатов с помощью пункта меню **Расчет ⇒ Результаты расчёта** (кнопка  на панели инструментов);
- перейти в режим расчета конструкций с помощью пункта меню **Расчет ⇒ Расчет конструкций** (кнопка  на панели инструментов);
- в окне **Параметры структурного расчета** (рисунок 9.82) установить флажки возле необходимых параметров расчета;
- щелкнуть по кнопке **Отправить элементы на расчет**;
- после успешного выполнения расчета перейти в режим результатов расчёта по металлическим конструкциям с помощью пункта меню **Результаты ⇒ Стальные конструкции** (кнопка  на панели инструментов).

Для отображения результатов в виде протокола расчета необходимо использовать соответствующие радио-кнопки (рисунок 9.83):

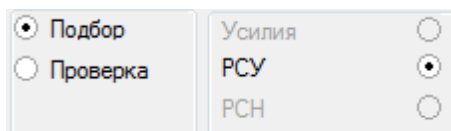


Рисунок 9.83 Меню выбора отображения протокола

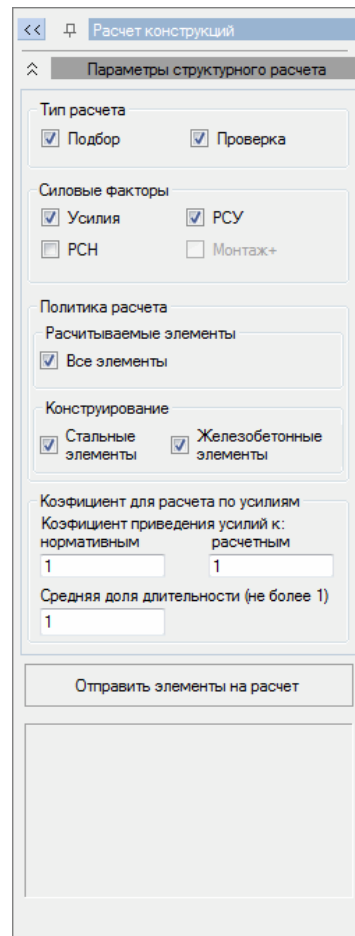



Рисунок 9.82 Параметры структурного расчета

После чего станет доступен сам протокол (рисунок 9.84)









№	Сечение	Ошибки	Предупр.	I ПС (прочность)			I ПС (общая устойчивость)					Местная устойчивость		II ПС (гибкость)		II ПС (прогибы)	
				σ_x	T_{xz}	$\sigma_{ср}$	φ_b	φ_{Ry}	φ_{Rz}	$\varphi_{y,z}$	$c\varphi_z$	h_{ef}	b_{ef}	λ_y	λ_z	$\bar{\delta}_z$	$\bar{\delta}_y$
FE - 73	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 74	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 75	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 76	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 77	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 78	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 79	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 80	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	3	3	3			60	85	85			
FE - 81	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	4	4	4			60	85	85			
FE - 82	Коробка прок. 120 x 120 x 3			1	1	1	4	4	4			60	85	85			

Рисунок 9.84 Протокол расчета

 Пустые ячейки в протоколе проверок означают, что проверка не выполнялась из-за ненужности или результатом проверки стал нулевой процент использования элемента.

Описание функциональных возможностей протокола расчёта

Меню управления протоколом состоит из следующих пунктов:

-  – кнопка «Назад» (возврат на предыдущую страницу);
-  – кнопка «Вперед» (переход на следующую страницу);
-  – кнопка «В начало» (на первую страницу);
-  – кнопка «В конец» (на последнюю страницу);
-  – кнопка «Назад» (по страницам);
-  – кнопка «Вперед» (по страницам);
- – фильтр выбора числа отображаемых строк в таблице (возможен вывод **10**, **20**, **50**, **100** строк на каждой странице);
-  – кнопка открытия текущей страницы протокола в браузере Internet Explorer;
-  – кнопка отправки текущей страницы протокола на печать;
- – фильтр выбора отображения элементов схемы в протоколе (можно выбрать «Все», «Выбранные», «Не скрытые» элементы).

В каждой ячейке протокола (рисунок 9.85) есть возможность отобразить проверку тремя разными способами:




- щелкнуть на процент использования (в данном случае **86**), для отображения исключительно одной конкретной проверки без дополнительных данных;
- нажать на кнопку  для отображения с более детальным описанием проверки, в протокол, которой кроме самой проверки, входит дополнительная информация об усилиях и прогибах в сечении элемента, геометрические характеристики поперечного сечения, механические характеристики стали, конструктивные характеристики элемента;
- нажать на кнопку  для отображения полного протокола проверок в сечении элемента со всей дополнительной информацией.






Рисунок 9.85 Отображение проверки в протоколе

 *Единицы измерения в протоколе проверок используются такие, как выставлены в настройках ПК ЛИРА. Для их изменения необходимо после смены единиц измерения в настройках в протоколе проверок заново открыть интересующую проверку.*

Графическая визуализация результатов

Для построения диаграмм процентов использования на схеме необходимо:

- перейти в режим результатов с помощью пункта меню **Расчет** ⇨ **Результаты расчёта** (кнопка  на панели инструментов);
- перейти в режим расчета конструкций с помощью пункта меню **Расчет** ⇨ **Расчет конструкций** (кнопка  на панели инструментов);

- в окне **Параметры структурного расчета** (рисунок 9.81) установить флажки возле необходимых параметров расчета;
- щелкнуть по кнопке **Отправить элементы на расчет**;
- после успешного выполнения расчета, перейти в режим результатов расчёта по металлическим конструкциям с помощью пункта меню **Результаты** ⇒ **Стальные конструкции** (кнопка  на панели инструментов);
- далее в древовидном списке отметить флажками необходимые проверки и нажать кнопку **Показать**, после чего на схеме отобразятся проценты использования элементов в виде диаграмм (рисунок 9.86).

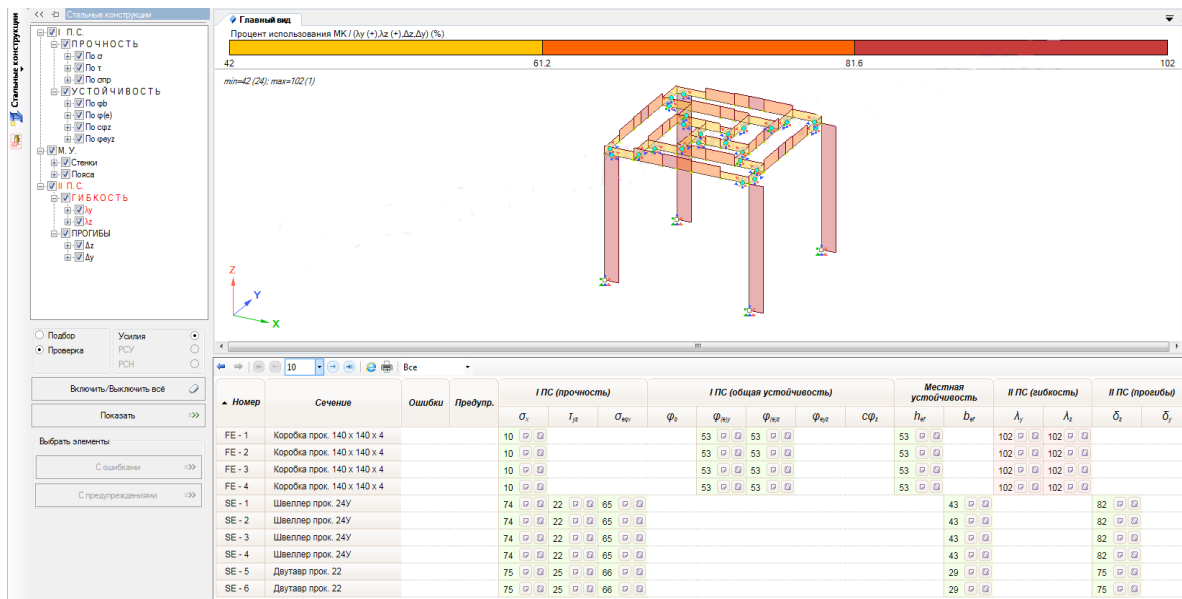






Рисунок 9.86 Графическая визуализация результатов расчета

 Красным цветом выделены проверки, процент использования которых составляет больше 100%.

Получение результатов в виде таблиц

Для получения результатов расчета по стальным конструкциям в табличном виде необходимо:

- перейти в режим результатов с помощью пункта меню **Расчет** ⇒ **Результаты расчёта** (кнопка  на панели инструментов);
- перейти в режим расчета конструкций с помощью пункта меню **Расчет** ⇒ **Расчет конструкций** (кнопка  на панели инструментов);
- в окне **Параметры структурного расчета** (рисунок 9.82) установить флажки возле необходимых параметров расчета;
- щелкнуть по кнопке **Отправить элементы на расчет**;


• после успешного выполнения расчета, перейти в режим таблиц результатов с помощью пункта меню **Результаты** ⇒ **Таблицы результатов** (кнопка  на панели инструментов);

• в окне **Формирование таблиц** (рисунок 9.87) из списка выделить необходимую таблицу (названия таблиц с результатами по металлическим конструкциям начинаются с аббревиатуры «М.К.») и щелкнуть по кнопке **Сформировать**.

В сводных таблицах результатов по металлоконструкциям (рисунок 9.88) отображается общая информация по процентам использования элементов (I предельное состояние: прочность, общая устойчивость; II предельное состояние: гибкость, прогибы; местная устойчивость).

Для отображения в окне **Формирование таблиц** (рисунок 9.87) не только сводных таблиц, а и подробных, необходимо снять флажок **Показывать сокращенный список** в верхней части окна. При этом в списке таблиц (рисунок 9.88) станут доступны для формирования подробные таблицы результатов.

Описание функциональных возможностей таблиц результатов

Меню управления таблицами результатов (рисунок 9.91) можно открыть, щелкнув по кнопке  возле названия таблицы, в котором доступны следующие функции:

- **Переименовать** – позволяет сменить имя таблицы;
 - **Печатать** – позволяет отправить таблицу на печать;
 - **Экспорт в Excel** – позволяет экспортировать таблицу в Microsoft Office Excel;
 - **Экспорт в Word** – позволяет экспортировать таблицу в Microsoft Office Word;
 - **Экспорт в Html** – позволяет экспортировать таблицу в Html документ;
 - **Сохранить изображение** – позволяет сохранить таблицу в виде рисунка в любом из форматов – *.png, *.bmp, *.jpeg, *.gif, *.tiff;
 - **Столбцы...** – позволяет включить/отключить отображение столбцов таблицы;
 - **Фильтр...** – позволяет подсвечивать цветом те значения в таблице, которые удовлетворяют необходимым условиям;
- Отметить элементы** – позволяет выделить элементы таблицы на схеме.

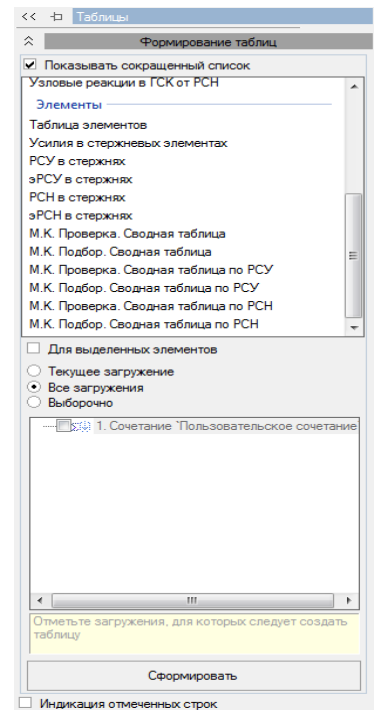


Рисунок 9.87 **Формирование таблиц**

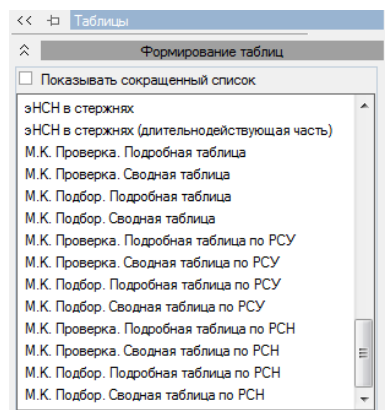


Рисунок 9.88 **Формирование таблиц (подробный список)**

Номер	I ПС (прочность) (%)	I ПС (общая устойчивость) (%)	Местная устойчивость (%)	II ПС (гибкость) (%)	II ПС (прогибы) (%)	Сечение
1	30	70	95	90		I 50.4 x 18
2	30	70	95	90		I 50.4 x 18
3	30	70	95	90		I 50.4 x 18
4	30	70	95	90		I 50.4 x 18
5	31	70	95	90		I 50.4 x 18
6	31	70	95	90		I 50.4 x 18
7	31	70	95	90		I 50.4 x 18
8	31	70	95	90		I 50.4 x 18
9	44	86	74	95		I 50.4 x 18
10	44	86	74	95		I 50.4 x 18

Рисунок 9.89 Сводная таблица результатов

Номер	σ (%)	τ_{xz} (%)	σ_{pr} (%)	σ_b (%)	$\sigma(e)y$ (%)	$\sigma(e)z$ (%)	σ_c (%)	σ_{eyz} (%)	hef/t (%)	bef/t (%)	$\lambda_y (+)$ (%)	$\lambda_z (+)$ (%)	Δz (%)	Сечение
1	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
2	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
3	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
4	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
5	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
6	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
7	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
8	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
9	44	2	38		86		80	57	74	26	95	76		I 50.4 x 18
10	44	2	38		86		80	57	74	26	95	76		I 50.4 x 18

Рисунок 9.90 Подробная таблица результатов

Номер	σ (%)	τ_{xz} (%)	σ_{pr} (%)	σ_b (%)	$\sigma(e)y$ (%)	$\sigma(e)z$ (%)	σ_c (%)	σ_{eyz} (%)	hef/t (%)	bef/t (%)	$\lambda_y (+)$ (%)	$\lambda_z (+)$ (%)	Δz (%)	Сечение
1	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
2	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
3	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
4	30	2	26		70		58	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
5	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
6	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
7	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
8	31	2	27		70		59	52	95	24	90	75		I 50.4 x 18
9	44	2	38		86		80	57	74	26	95	76		I 50.4 x 18
10	44	2	38		86		80	57	74	26	95	76		I 50.4 x 18

Рисунок 9.91 Меню управления таблицами результатов