

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, СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»;
- ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування»;
- При необходимости используется СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования», а также «Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*)»;

- EN 1993-1-1-2009 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings и EN 1993-1-5-2009 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-5: Plated structural elements для сечений симметричного двутавра, швеллера, прямоугольной коробки, круглой трубы и уголка.

Общая концепция расчета стальных сечений по Еврокоду существенно отличается от расчета по остальным нормам. Поэтому расчет согласно евронормам приведен в отдельном пункте 9.12. Пункты 9.2, 9.3, 9.4, 9.7 данной главы относятся ко всем нормам, кроме EN.

В ПК ЛИРА 10.12 предусмотрены стали, включенные в указанные нормы проектирования. Сечения элементов стальных конструкций, доступные для проверки или подбора в данной версии, указаны в п. 9.5.

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

Следует отметить, что из-за различного обозначения главных осей сечения в нормативных документах и в ПК ЛИРА 10, формулы, приведенные в отчете, могут отличаться индексами (рис. 9.1).

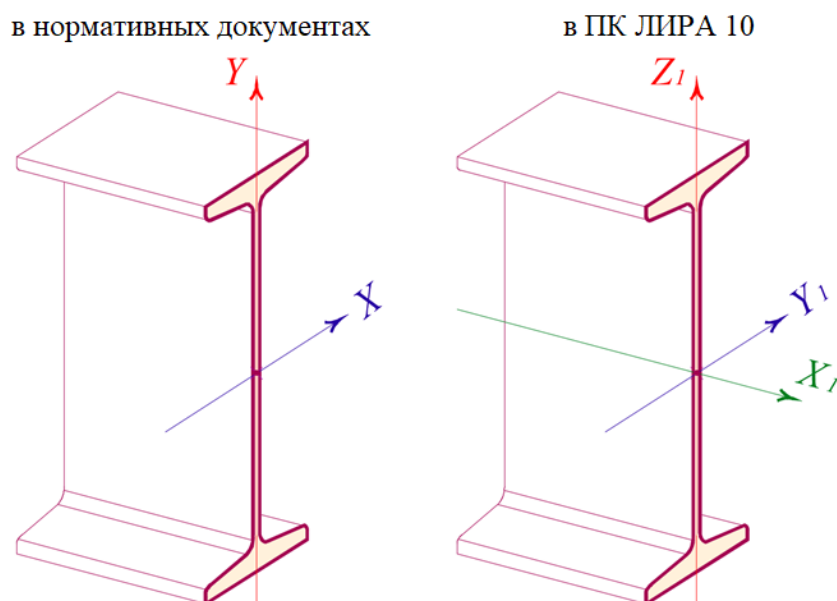


Рис. 9.1. Наименование местных осей в нормативных документах и в ПК ЛИРА 10

В процессе расчета 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.

По всем нормам, кроме Еврокода, выбор производится в зависимости от соотношения действующих в рассматриваемом сечении усилий, которое определяется величиной относительного или приведенного относительного эксцентриситета (табл. 9.1).

Таблица 9.1

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

В настоящей версии программы по всем нормам, кроме Еврокода, 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 СП 16.13330.2017	ДБН В.2.6-198:2014
Прочность по нормальным напряжениям (учёт стеснённого кручения для открытых сечений типа КЭ 7 производится для всех указанных норм по формулам, приведенным в СП): – без учета развития пластических деформаций – с учетом развития пластических деформаций	σ_x	(50)	(106)	(10.3)
	σ_x	(49)	(53), (105)	(10.1), (10.2)
Прочность несимметричных сечений из высокопрочной стали по нормальным напряжениям растяжения	σ_x	(54)	(107)	(10.4)
Прочность по касательным напряжениям	τ_{yz}	(29)	(42)	(9.2)
Прочность по приведенным напряжениям (совместное действие нормальных и касательных напряжений)	σ_{equ}	(33)	(44)	(9.4)

• **Прочность по нормальным напряжениям** может проверяться с учетом или без учета развития пластических деформаций. Возможность учета развития пластических деформаций задает пользователь в параметрах конструирования (см. п. 9.7.2). При этом можно руководствоваться п. 5.19*, п. 5.25 [9.10], разд. 8.1, п. 9.1.1 [9.11] или разд. 9.1, п. 10.1.1 [9.6]. Следует отметить, что в настоящей версии, при расчете по нормам [9.11] и [9.6], конструкции 3 класса по виду напряженного состояния (полный пластический шарнир) считаются так же, как и конструкции 2 класса (ограниченное развитие пластики) в связи с отсутствием в нормах коэффициентов учета 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 учета 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	

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	1.66758	1.52541	1.43837	1.37946	1.33684	<i>1.28185</i>	1.23262	1.18744	1.14522	1.10524	<i>1.06696</i>
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
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	<i>1.18084</i>	1.16311	1.14938	1.11513	1.07702	<i>1.03606</i>
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 табл. 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 (10.2) [9.6].

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

- **Прочность по касательным напряжениям** проверяется по формулам (29) [9.10], (42) [9.11], (9.2) [9.6], в основе которых лежит формула Журавского. В программе не реализован учет 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], (9.4) [9.6].

Общая устойчивость

Таблица 9.4

Проверки общей устойчивости	Обозначение	Формулы проверок			
		СНиП и «Пособие»		СП 16.13330.2011 СП 16.13330.2017	ДБН В.2.6-198:2014
		СНиП П-23-81*	«Пособие» [9.8]		
Устойчивость плоской формы изгиба	ϕ_b	(34)	(40)	(70)	(9.29)
Устойчивость по изгибной форме	$\phi_{(e)y}, \phi_{(e)z}$	(51)	(48)	(109), (120)*, (121)*	(10.6), (10.15), (10.16)
Устойчивость по изгибно-крутильной форме	$c\phi_z$	(56)	—	(111)	(10.8)
Устойчивость стержней, подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях	ϕ_{eyz}	(62)	—	(116)	(10.13)

* При проверке устойчивости коробчатых сечений по СП 16.13330.2017 вместо формул (120), (121) указанных норм использованы формулы (33) СП 294.1325800.2017.

- **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 расчетная длина l_{ef} , которая задается пользователем по указаниям пунктов 5.15 [9.10], 8.4.2 [9.11], 9.4.2 [9.6] и часто равна расчетной длине элемента в плоскости минимальной жесткости. Коэффициент ϕ_b определяется в соответствии с указаниями приложения 7* [9.10], приложения Ж [9.11] или приложения Н [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 (Н.1), (Н.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 расчетных длин элементов. Расчетные длины задаются пользователем. При этом можно руководствоваться разделом 6 [9.10], разделом 10 [9.11], разделом 13 [9.6], а также разделом 6 [9.8] или специальной литературой (например, [9.19]).

В случае отсутствия в нормативной или справочной литературе указаний по определению расчетных длин для рассматриваемой схемы рекомендуем воспользоваться подсистемой **Устойчивость** ПК ЛИРА 10. В некоторых случаях может оказаться полезной вкладка **Колонны с неполной связью** в утилите **Расчетная длина колонны** (см. п. 9.10).

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. 13.1.4, 13.1.5, 13.2.2 [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_e 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], (10.16) [9.6] и по второй формуле (48) [9.8], соответственно обозначение $\varphi_{(e)z}$ — по формулам (120) [9.11], (10.15) [9.6] и по первой формуле (48) [9.8].

Для сечения из одиночного швеллера при наличии изгиба в плоскости большей жесткости значения коэффициента формы сечения η принимаются как для симметричного двутавра, о чем 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 сечений, приведенных в нормах, этот коэффициент равен:

- $a_k = 0$ (тавр с растянутой полкой) — для типа сечения 9 по табл. 73 [9.10] и по табл. Д.2 [9.11] или типа сечения 10б по табл. Ж.2 [9.6];

- $a_k = 0.5$ — для типа сечения 5 по указанным таблицам [9.10], [9.11], [9.6];
- $a_k = 0.6667$ — для типа сечения 10 [9.10] и [9.11], типа сечения 8 [9.6];
- $a_k = 1.0$ (тавр со сжатой полкой) — для типа сечения 11 [9.10] и [9.11], типа сечения 10a [9.6].

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

• **Устойчивость по изгибно-крутильной форме**

Проверка производится по формулам (56) [9.10], (111) [9.11] и (10.8) [9.6].

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

При относительных эксцентриситетах в плоскости большей жесткости $10 < m_y < 20$ параметр c определяется по формуле (58) [9.10], (43) [9.11], (10.10) [9.6], полученной из условия $\frac{N}{\phi_z A} + \frac{M_y}{\phi_b W_{y_{сж}}} = \frac{N}{c \phi_z A}$ (имеется в виду, что плоскость большей жесткости $X_I O Z_I$).

При этом, в соответствии с указаниями п. 5.31 [9.10], п. 9.2.4 [9.11], п. 10.2.5 [9.6], коэффициент ϕ_b , входящий в эту формулу, определяется как для балки с двумя и более боковыми закреплениями, независимо от заданных пользователем. Здесь, как и в указанных пунктах норм, сжатие принимается со знаком плюс.

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

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

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 (10.8) [9.6] определяется по формуле (9.2), полученной из условия (9.3). При наличии сжатия:

$$c = \frac{1}{1 + m_y \frac{\phi_z}{\phi_b} + m_z \phi_z} \quad (9.2)$$

$$\frac{|N|}{\phi_z A} + \frac{|M_y|}{\phi_b W_y} + \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|N|}{c \phi_z A}. \quad (9.3)$$

При растяжении проверка производится на основании условия (9.1).

Местная устойчивость

Таблица 9.5

Проверки местной устойчивости	Обозначение	Формулы проверок			
		СНиП и «Пособие»		СП 16.13330.2011 СП 16.13330.2017	ДБН В.2.6-198:2014
		СНиП II-23-81*	«Пособие»		
Местная устойчивость стенок (без учета локальных напряжений):	h_{ef}				
Стенки изгибаемых элементов без ребер жесткости		п. 7.10 $(\bar{\lambda}_w \leq 3.2)$		п. 8.5.9 $(\bar{\lambda}_w \leq 3.2)$	п. 9.5.9 $(\bar{\lambda}_w \leq 3.2)$
Стенки изгибаемых элементов, подкрепленные поперечными ребрами жесткости при фактическом отсутствии пластики		(74), (90)		(80), (85)	(9.39), (9.44)
Стенки изгибаемых элементов, подкрепленные поперечными ребрами жесткости при наличии пластики		(78)	(42)	(86), (87)	п. 9.5.8
Стенки центрально сжатых элементов		п. 7.14*, п. 7.27*, п. 7.18*		п. 7.3.2, п. 7.3.11	п. 8.3.2
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. 10.4.2, п. 10.4.5
Местная устойчивость замкнутых круговых цилиндрических оболочек (стенок круглых труб)		п. 8.5, п. 8.6		п. 11.2.1, п. 11.2.2	п. 14.2.1, п. 14.2.2
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. 9.5.14, п. 9.5.15
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. 8.3.7, п. 8.3.8, п. 10.4.6, п. 10.4.7

При проверке местной устойчивости стенок учет локальных напряжений не предусмотрен. Предполагается также отсутствие продольных ребер жесткости. Наличие и шаг поперечных ребер жесткости задает 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. 10.4.3 [9.6]. Для изгибаемых элементов отсутствие поперечных ребер жесткости 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. 9.5.9 [9.6]. При этом программа пишет предупреждение с рекомендацией поставить такие ребра.

В то же время, для сжатых и сжато-изогнутых элементов, программа не контролирует необходимость постановки поперечных ребер жесткости по п. 7.21* [9.10], п. 9.4.4 [9.11], п. 10.4.3 [9.6], поскольку эти требования являются конструктивными и не влияют на расчет.

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 табл. 9.5. При этом пункт 10.4.8 [9.6] не учитывается.

Таблица 9.6

m_{efz} \ m_{efy}	$m_{efy} < 0,1$	$0,1 \leq m_{efy} \leq 20$	$m_{efy} > 20$
$m_{efz} < 0,1$	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
$0,1 \leq m_{efz} \leq 20$	Внецентренное сжатие вокруг оси Z_I . Стенками считаются стороны, параллельные оси Y_I	Внецентренное сжатие в двух направлениях. Стенками считаются стороны, имеющие большую гибкость. При равной гибкости стенками считаются грани в плоскости большего изгибающего момента.	Стенками считаются стороны, параллельные оси Z_I
$m_{efz} > 20$	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, имеющие большую гибкость. При равной гибкости стенками считаются грани в плоскости большего изгибающего момента


В данной версии реализован расчёт местной устойчивости стенок сжатых и сжато-изогнутых элементов коробчатого и несимметричного двутаврового сечения с учётом редуцированной (уменьшенной) площади. Расчёт выполняется по п. 7.20* [9.10], п. 7.3.6 [9.11] или прил. Л [9.6].

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 задается 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. п. 9.5). 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 расчетной схемы. Необходимость задания раскреплений определяет пользователь.

 *В режиме подбора сечения конструктивного элемента принято, что величина его прогиба изменяется обратно пропорционально изгибной жесткости EI рассматриваемого конструктивного элемента и не учитывает перемещение других элементов расчетной 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 расчет 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 пролета, 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 пп. 10.12, 10.16, 10.17 [9.9], пп. Е.2.4.1, Е.2.4.3, Е.2.4.4 [9.12], пп. 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 загрузений (с помощью РСН).

Гибкость

Необходимость такой проверки задается пользователем. Проверка гибкости конструктивных элементов производится на основании пп. 6.15*, 6.19* [9.10], пп. 10.4.1, 10.4.2 [9.11], пп. 13.4.1, 13.4.2 [9.6]. Величину предельно допустимой гибкости указывает пользователь. При этом можно задать требуемую величину самостоятельно либо воспользоваться подсказкой программы, выбрав нужную строку из предлагаемых таблиц действующих норм.

9.2 ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА УНИВЕРСАЛЬНОГО ДВУХВЕТВЕВОГО СЕЧЕНИЯ

В настоящей версии ПК ЛИРА 10 реализовано универсальное двухветвевое сечение, состоящее из двух параллельных ветвей и соединительных элементов между ними.

В качестве ветвей могут задаваться прокатные двутавры, прокатные или гнутые швеллеры (полками внутрь или наружу), а также квадратные или прямоугольные гнутосварные замкнутые коробки. Соединительные элементы реализованы в виде геометрически неизменяемой решетки или в виде планок. При этом:

- а) Ветви могут быть как одинакового, так и разного вида профиля.
- б) Ветви могут быть как одинакового, так и разного размера. Если размеры ветвей значительно отличаются друг от друга по высоте, то программа выдает предупреждение об этом. Кроме того, в программе заложено условие, ограничивающее разницу между ветвями:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.0625 \leq \frac{I_{y1}}{I_{y2}} \leq 16 \\ 0.0625 \leq \frac{I_{z1}}{I_{z2}} \leq 16 \end{array} \right\}.$$
 Приблизительный

смысл этого условия заключается в том, что одна из ветвей по всем линейным размерам не может превышать другую более, чем в два раза.

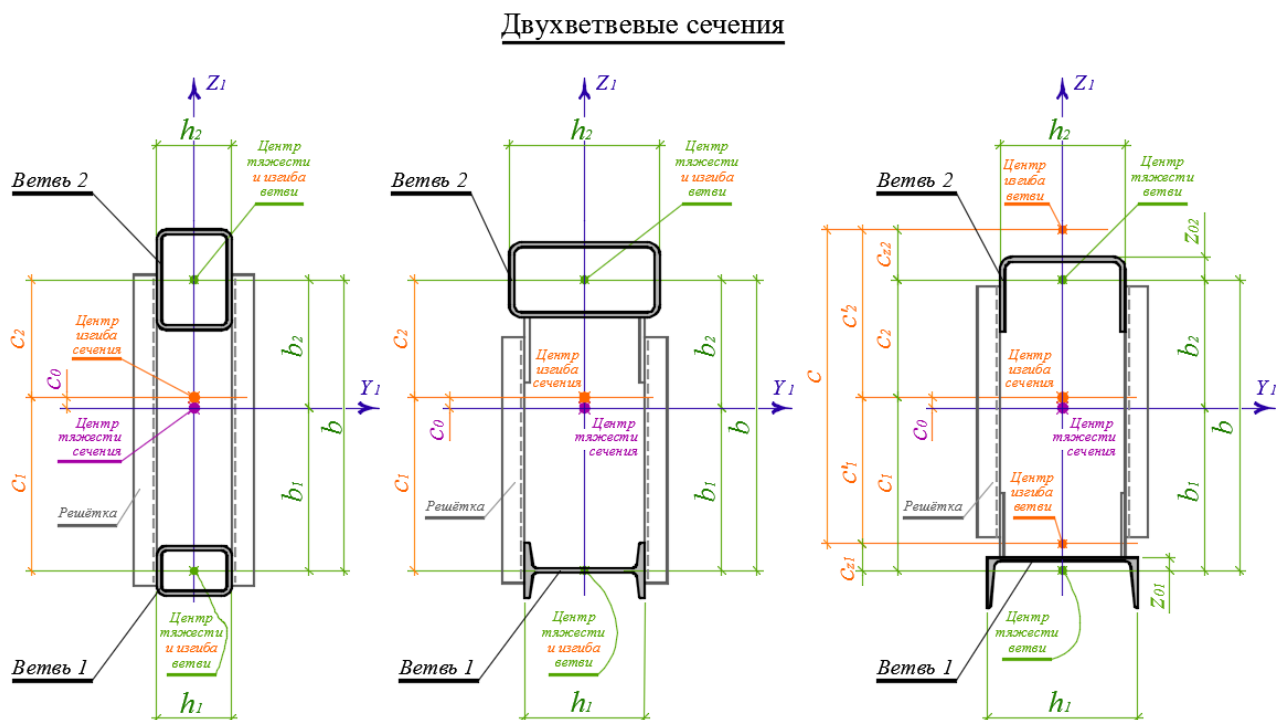


Рис. 9.2. Различные варианты универсального двухветвевое сечения

- в) Для соединительных элементов в виде решетки может быть принято различное расположение раскосов и стоек в соответствии с таблицей 8 [9.13] или таблицей 13 [9.8].
- г) Для соединительных элементов в виде решетки может быть принята одна или две плоскости соединительных элементов. Частным случаем двухплоскостной решетки является смешанная решетка, в которой раскосы расположены в двух плоскостях, а распорки (стойки) располагаются по оси сечения. При этом они достаточно жесткие из плоскости решетки. Для распорок (стоек) решетки смешанного типа доступны

сечения швеллера (плашмя) или двутавра (плашмя). Остальные элементы всех типов решетки могут задаваться из одиночного равнополочного уголка, тавра, кругляка, сплошного квадрата. Планки могут быть из полосы или швеллера. Для задания соединительных планок из полосы рекомендуется использовать специальный сортамент **Планки сквозных сечений**. Для соединительных элементов из планок одноплоскостное расположение не предусмотрено.

- д) Ветви и соединительные элементы могут быть заданы из разных сталей, например, ветви из стали С355, решетка из стали С245. В то же время обе ветви задаются из одной марки стали.

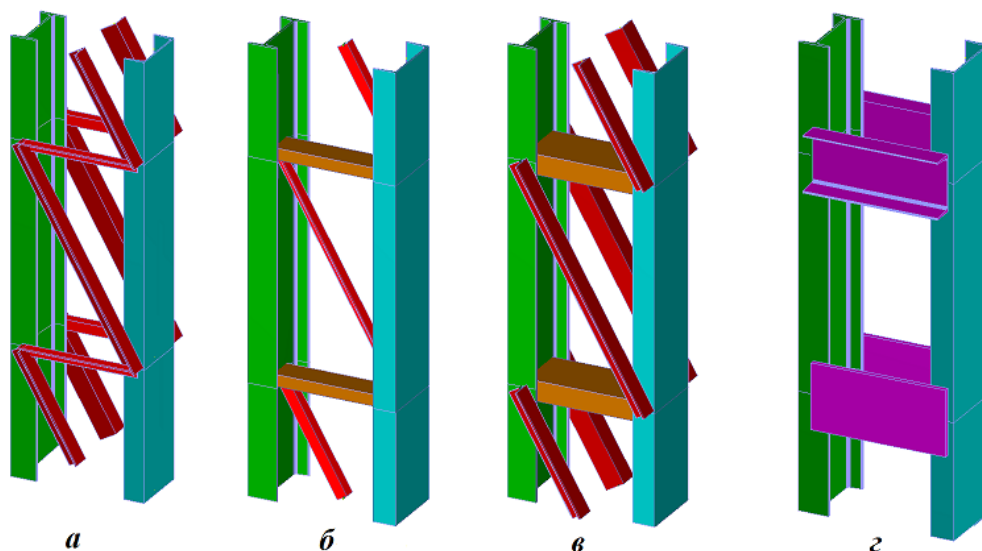


Рис. 9.3. Различные типы решетки универсального двухветвевое сечения:
a — двухплоскостная решетка; *б* — одноплоскостная решетка;
в — смешанная решетка; *г* — планки из полосы или из швеллера

По характеру работы элементы двухветвевое сечения с соединительными элементами из решётки приняты шарнирно-стержневыми в плоскости решётки. При действии усилий в плоскости решётки во всех элементах возникают только продольные силы N .

В случае соединительных элементов из планок в ветвях и планках возникают поперечные силы и изгибающие моменты.

В ПК ЛИРА 10 реализована возможность приближенно, но с достаточной степенью точности оценить работу элемента двухветвевое сечения на кручение. Следует отметить, что в нормах [9.6], [9.10], [9.11] кручение элементов не рассматривается, за исключением стесненного кручения при проверке прочности по нормальным напряжениям в нормах [9.11]. Работа на кручение не характерна для элементов двухветвевое сечения, и при проектировании стараются его избегать. Однако на практике такие случаи встречаются (например, опоры рекламных щитов), и мы старались, чтобы программа адекватно реагировала на подобные ситуации. Именно с этим связана возможность задания одно- или двухплоскостной решетки соединительных элементов. Они по-разному работают на кручение (рис. 9.4). Кручение может вызвать изгиб каждой из ветвей из плоскости соединительных элементов в двух противоположных направлениях. Если рассматривать всё двухветвевое сечение в целом, то в нем возникает депланация, характерная для стесненного кручения. Особенно это проявляется для одноплоскостной решетки, которая при кручении

вообще не включается в работу. Поэтому, если при работе элемента двухветвевое сечения может возникнуть его кручение, этот элемент следует задавать конечным элементом типа КЭ 7.

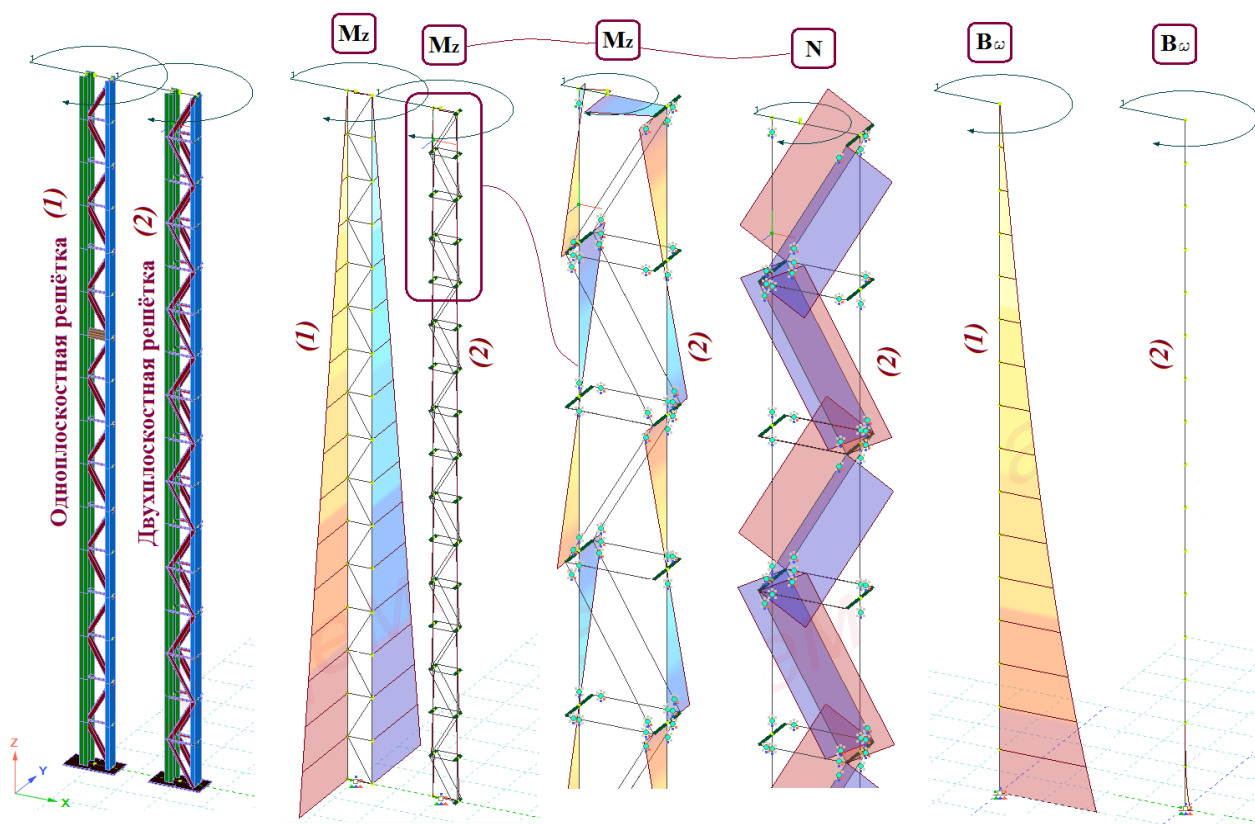


Рис. 9.4. Работа на кручение сечений с одноплоскостной (1) и двухплоскостной (2) решёткой

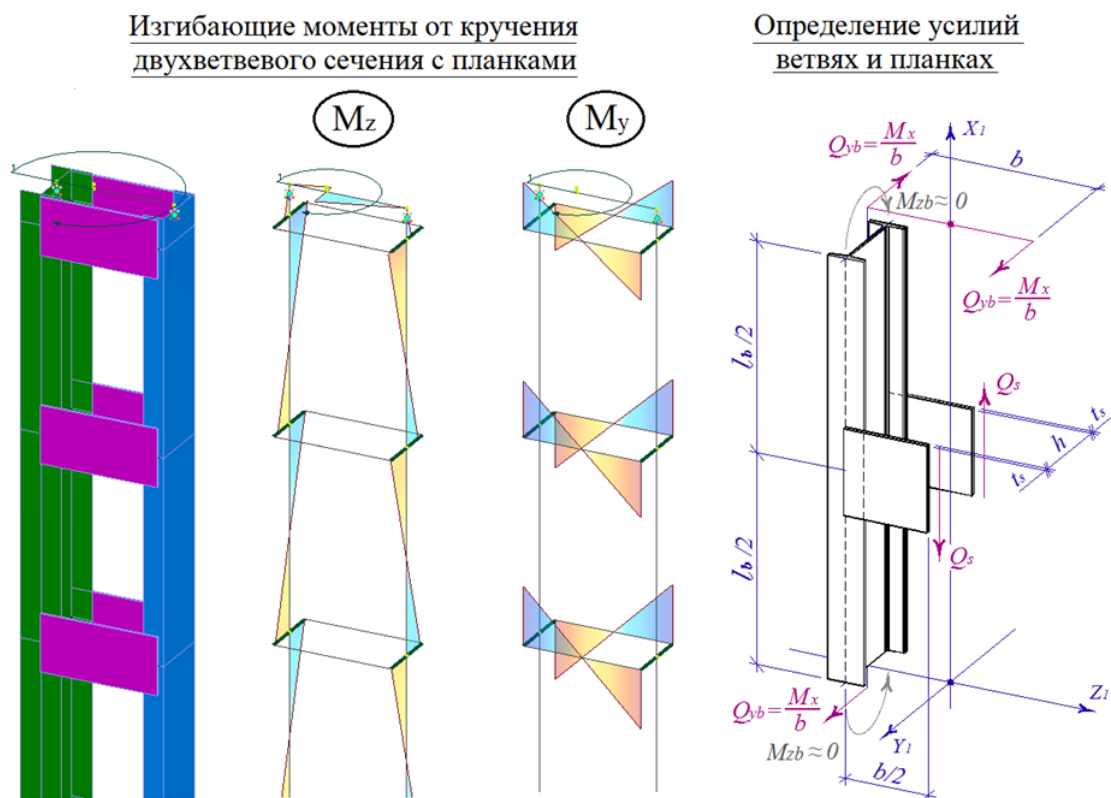



Рис. 9.5. Работа на кручение двухветвевых сечений с планками

Для универсальных двухветвевых сечений принято, что его локальная ось Y_1 — это ось, параллельная ветвям (свободная ось), а локальная ось Z_1 — ось, пересекающая ветви (материальная ось). Поворот сечения относительно локальных осей в данной версии не предусмотрен. Для установки элемента в проектное положение на схеме нужно поворачивать его вместе с локальными осями (с помощью режима **Назначить оси стержням**, кнопка  на панели инструментов). Также в программе принято, что ветвь 1 расположена в зоне отрицательной полуоси Z_1 .

В дальнейшем, при задании конструирования стержней двухветвевое сечение, встречаются понятия местных осей отдельных элементов, составляющих двухветвевое сечение. Эти оси в программе не отображаются.

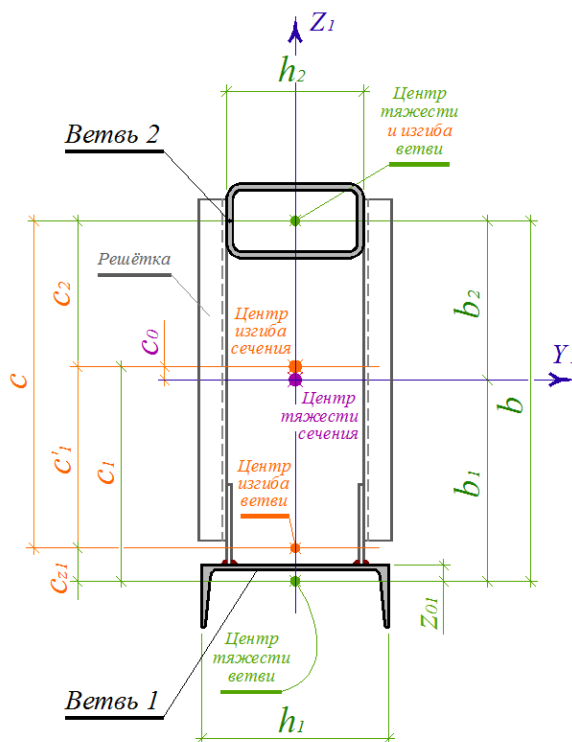


Рис. 9.6. Вариант двухветвевое сечения

Принимается, что:

- Местные оси ветвей совпадают с местными осями всего сечения.
- Местная ось Z_1 раскосов и распорок (стоек) соединительной решетки перпендикулярна оси стержня и направлена в верхнее полупространство. Соответственно, ось Y_1 перпендикулярна оси стержня и оси Z_1 . Ее положительное направление не определяется и не играет никакой роли.
- Местная ось Y_1 соединительных планок лежит в плоскости их наибольшей жесткости ($I_{y1} > I_{z1}$).

В заключение следует отметить, что моделирование элемента двухветвевое сечение как единого стержня допустимо при количестве панелей не менее шести, в соответствии с указаниями п. 5.11 [9.8], п. 7.2.2 [9.11], п. 8.2.2 [9.6].

9.3 ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА УНИВЕРСАЛЬНОГО ТРЁХВЕТВЕВОГО СЕЧЕНИЯ

В программном комплексе ЛИРА 10.12 появилась возможность рассчитывать единым стержневым элементом сквозные трёхветвевые сечения. Расчёты выполняются как в режиме подбора, так и в режиме проверки по 1-му и 2-му предельным состояниям в соответствии с действующими строительными нормами [9.11] (Россия), [9.6] (Украина), а также нормами [9.10], которые ещё действуют в некоторых странах бывшего Советского Союза.

В отличие от двухветвевых, все три ветви трёхветвевое сечения принимаются из одного профиля, образуют правильный треугольник и ориентированы главными осями симметрично относительно центра сечения. Принимается, что местная ось каждой ветви Y_v направлена по касательной к окружности, проходящей через центры тяжести ветвей (кольцевое направление). Местная ось Z_v каждой ветви направлена от центра сечения наружу (радиальное направление).

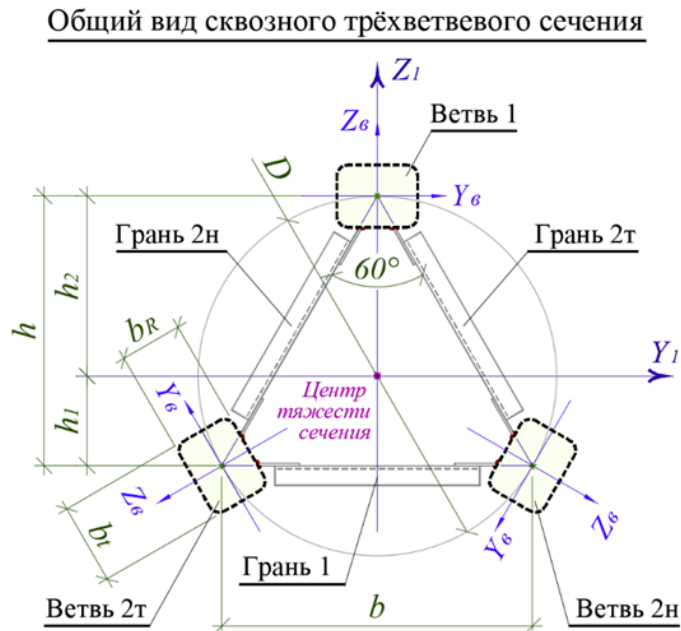


Рис. 9.7. Общий вид трёхветвевое сечения

В качестве соединительных элементов может быть геометрически неизменяемая решётка или планки. Все три плоскости соединительных элементов принимаются одинаковыми как по виду соединительных элементов, так и по очертанию решётки и их сечениям. Решётка принимается согласованной, т.е. элементы решётки с двух смежных граней приходят в одну точку ветви. Рисунок решётки, если смотреть снаружи, один и тот же для всех трёх граней.

Следует отметить, что в действующих нормах СП, ДБН, СНиП, а также и в EN 1993-3-1:2006, разд. 1.7 приводятся трёхветвевые сечения из смалкованных уголков (schifflerized angle). Однако в справочной литературе не удалось найти технические нормалы, определяющие размеры и геометрические характеристики уголков после малкования. Поэтому размеры таких уголков приняты нами приближённо, исходя из предполагаемой формы сечения и равенства площадей с исходным уголком, и по этим размерам посчитаны геометрические характеристики (рис. 9.8).

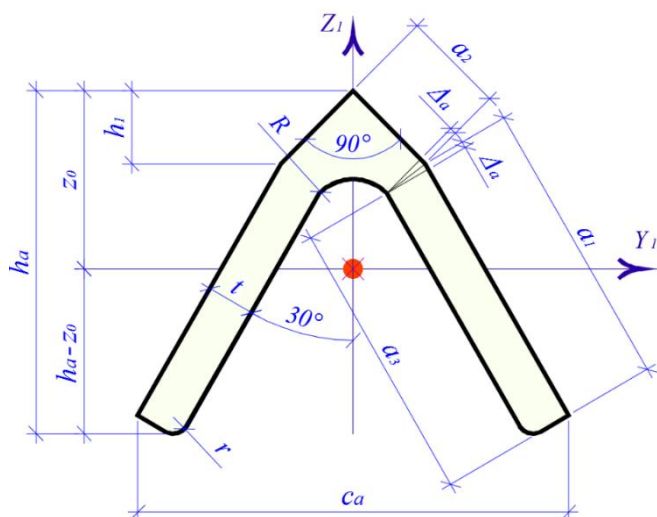


Рис. 9.8. Смазкованный уголок

$$\begin{cases} a_1 = b - t - R \\ a_2 = t + R + \Delta_a \approx 1.1316525 t + R \\ a_3 = b - a_2 \approx b - 1.1316525 t - R \end{cases} \quad (9.4)$$

где $\begin{cases} b - \text{сторона исходного уголка} \\ \Delta_a = t \operatorname{tg} \frac{\pi}{24} \approx 0.1316525 t \end{cases}$

$$\begin{cases} h_1 = \frac{a_2}{\sqrt{2}} \\ h_a = \frac{\sqrt{3}a_1 + \sqrt{2}a_2 + t - (\sqrt{3}-1)r}{2} \end{cases} \quad (9.5)$$

$$c_a = a_1 + \sqrt{2}a_2 \quad (9.6)$$

Программа предлагает широкий выбор трёхветвевых сечений с различными профилями ветвей, видами решётки и планок. Многие из таких сечений не нашли широкого освещения в литературе, но хорошо зарекомендовали себя в проектировании и строительстве. Они достаточно жёсткие, экономичные за счёт снижения количества ветвей и граней решётки по сравнению с четырёхветвевыми, не нуждаются в дополнительных диафрагмах жёсткости. Трёхветвевые сечения хорошо работают на кручение, и ЛИРА 10 может выполнять такие расчёты.

Не допускается применение ветвей из уголков в сочетании с соединительными элементами в виде планок.

Очертания соединительной решётки трёхветвевых сечений приняты такими же, как и в двухветвевых сечениях, за исключением треугольной раскосной решётки без горизонтальных распорок (типа Р3), которая является несогласованной по граням.

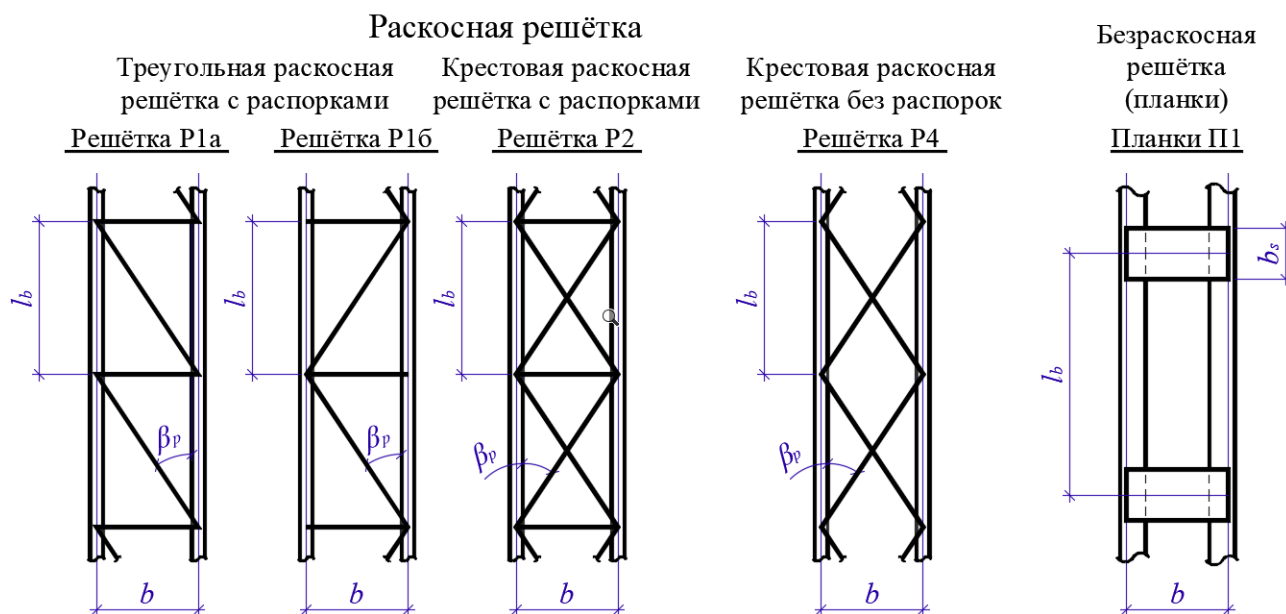


Рис. 9.9. Виды соединительных элементов

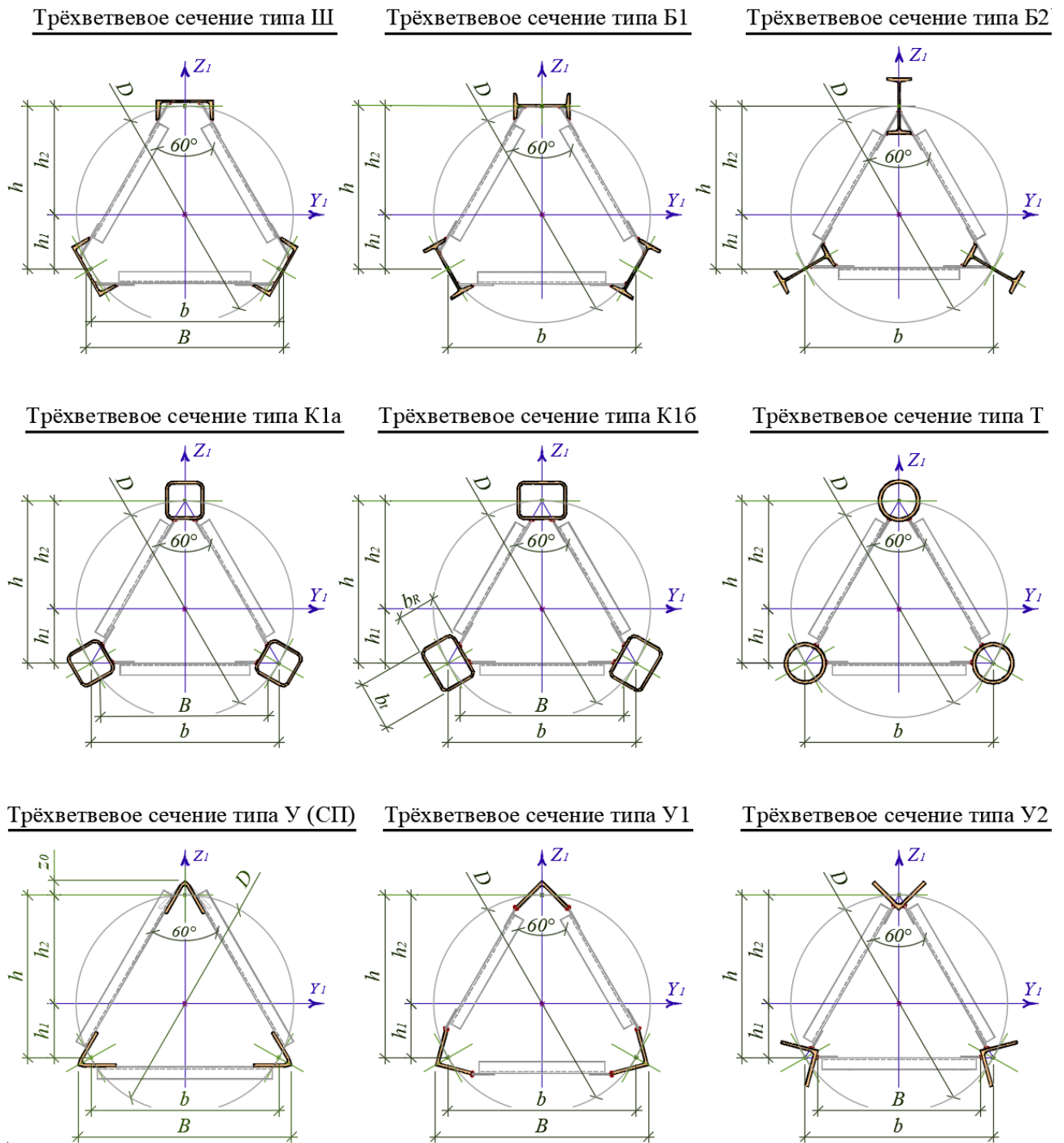


Рис. 9.10. Типы трёхветвевых сечений

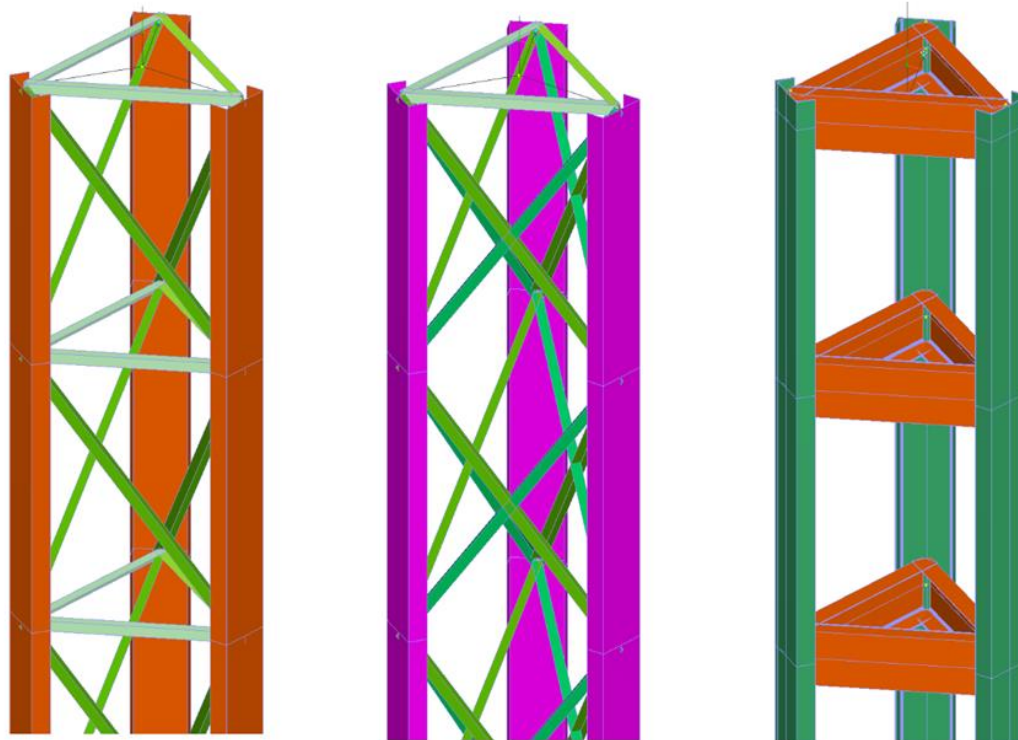


Рис. 9.11. Пример трёхветвевых сечений с ветвями из швеллеров и соединительными элементами в виде решётки из уголков и в виде планок из швеллеров

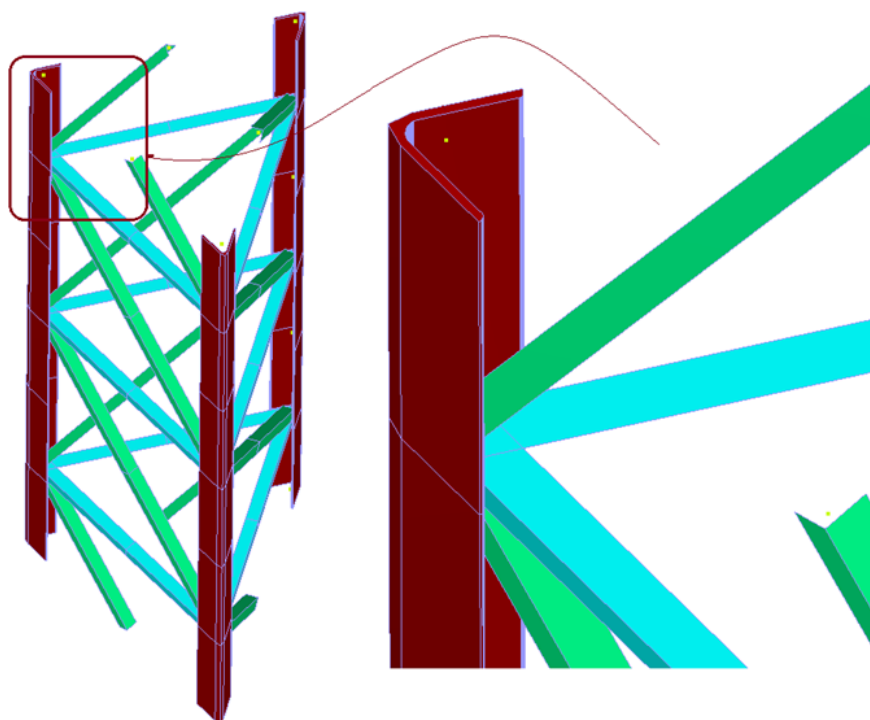



Рис. 9.12. Пример трёхветвевых сечений с ветвями из смалкованных уголков

В трёхветвевых сечениях, так же, как и в двухветвевых, не предусматривается поворот сечения относительно его локальных осей. Ось $Y1$ всегда параллельна грани 1, а ось $Z1$ пересекает ветвь 1. Для установки элемента в проектное положение на схеме нужно поворачивать его вместе с локальными осями (с помощью режима **Назначить оси стержням**, кнопка  на панели инструментов).

По характеру работы элементы трёхветвевое сечения с соединительными элементами из геометрически неизменяемой решётки приняты шарнирно-стержневыми конструкциями, все элементы которых работают на центральное растяжение-сжатие. Изгибающие моменты при этом воспринимаются ветвями, а крутящий момент и поперечные силы решёткой.

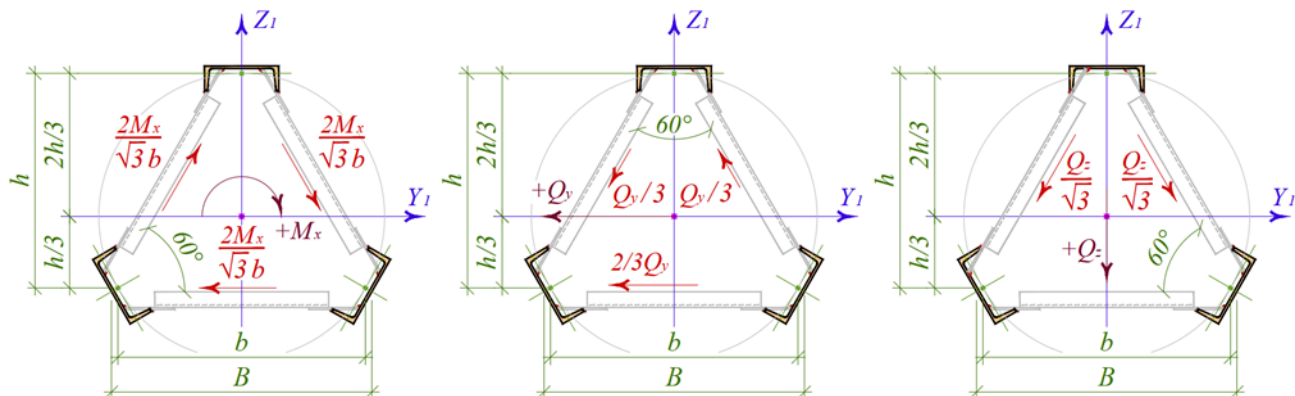


Рис. 9.13. Распределение поперечных сил и крутящего момента по граням решётки

В случае соединительных элементов в виде планок, в ветвях трёхветвевых сечений возникают поперечные силы и изгибающие моменты в обоих главных направлениях от каждой из примыкающих граней.

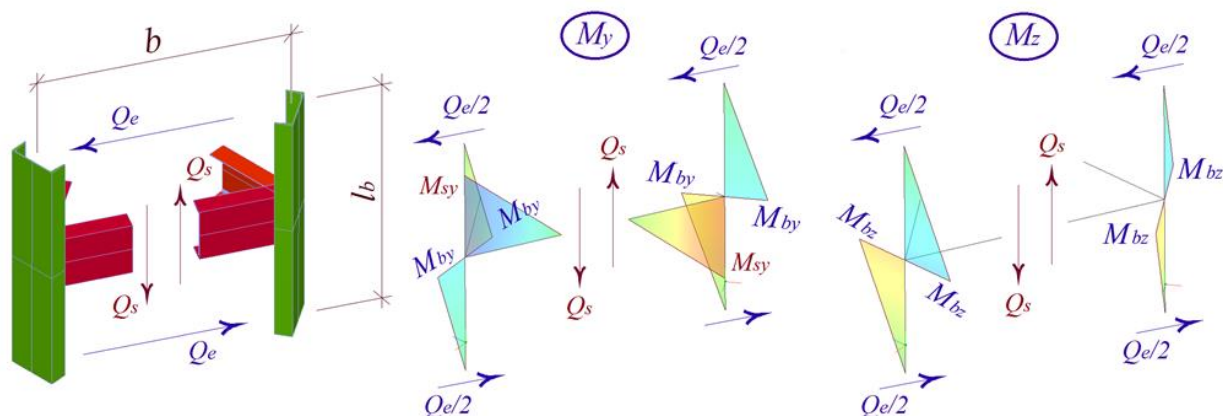


Рис. 9.14. Изгибающие моменты в ветвях трёхветвевых сечений с планками

9.4 ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

В программном комплексе ЛИРА 10.12 есть возможность расчёта стальных элементов переменного сечения по нормам СНиП, СП, ДБН. Доступны для расчёта сварные двутавровые сечения (симметричные или несимметричные) и сварные коробки. При этом принято, что высота стенки и ширина полок меняются только по линейному закону, причём в одном сечении меняться могут и стенки, и полки.

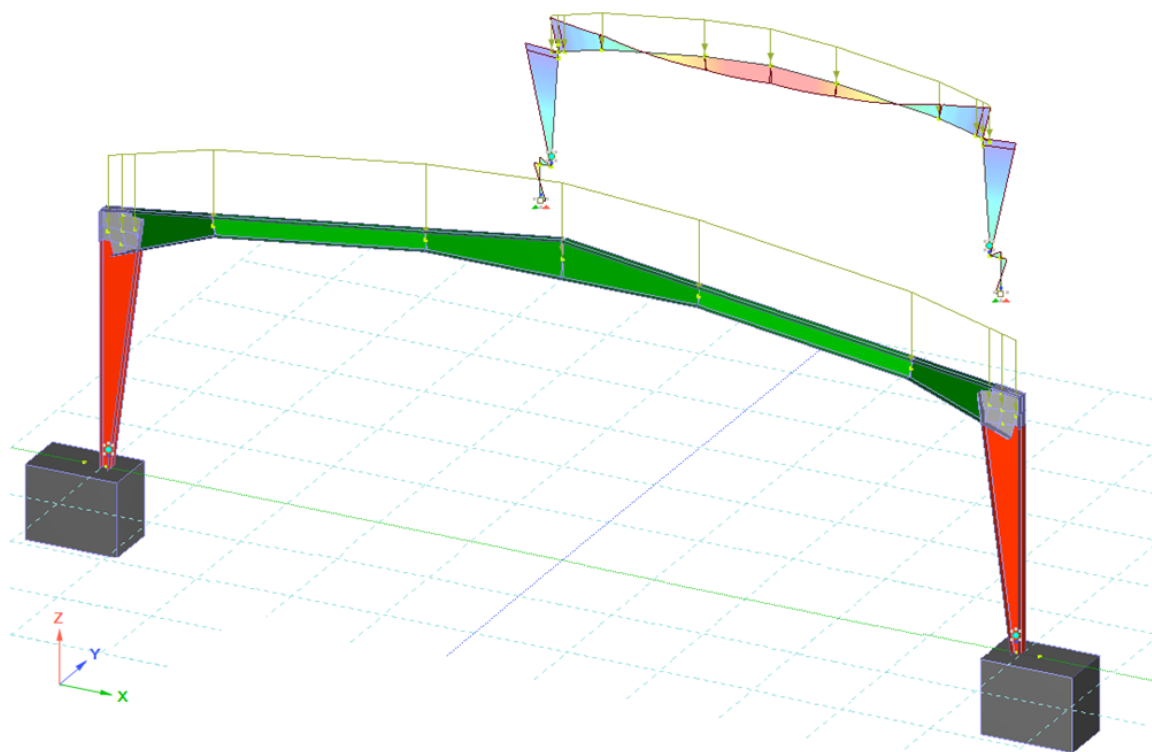


Рис. 9.15. Однопролётная традиционная рама с элементами переменного сечения. Высота стенки меняется по линейному закону, пояса постоянного сечения

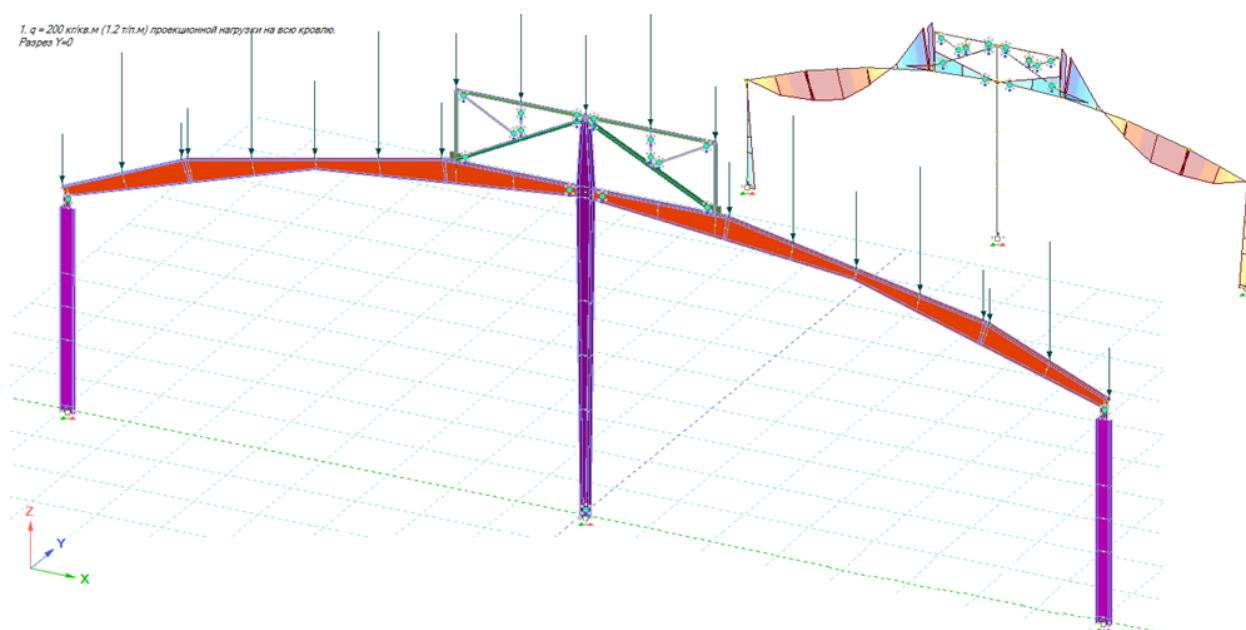


Рис. 9.16. Двухпролётная рама с элементами переменного сечения. Высота стенки меняется по линейному закону, пояса постоянного сечения

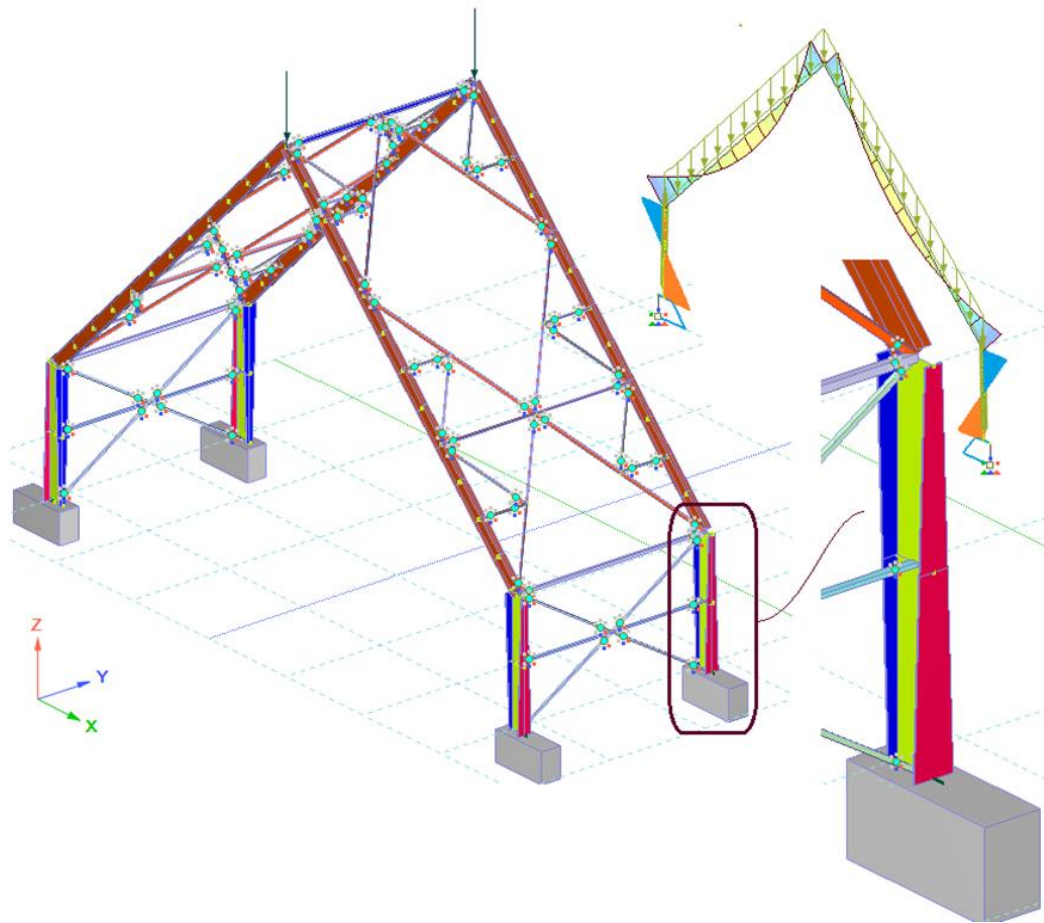


Рис. 9.17. Однопролётная двускатная рама с элементами переменного сечения.
Стенка постоянного сечения, ширина поясов меняется по линейному закону

При моделировании стержня симметричного двутаврового или коробчатого сечения с высотой стенки, меняющейся по линейному закону, его ось следует задавать по биссектрисе угла, образованного гранями стенки, а размеры сечения определять по нормали к этой оси. Например, колонна переменного сечения с вертикальной наружной гранью в расчётной схеме моделируется наклонным стержнем.

При моделировании несимметричных двутавров с разными размерами полок и линейно изменяющейся высотой стенки следует иметь в виду, что его ось не является прямой линией, а имеет небольшую выпуклость в сторону большей полки. Программа при расчёте это учитывает.

Ранее традиционный подход к решению таких задач заключался в аппроксимации элементов переменного сечения стержневыми элементами постоянного сечения. Каждый элемент переменной жёсткости разбивался на малые участки, в пределах которых сечение принималось постоянным и равным сечению в середине рассматриваемого участка. Понятно, что уменьшение длины таких участков и увеличение их количества повышало точность расчёта.

Особенностью проектирования рамных конструкций переменного сечения является стремление максимально приблизить несущую способность элемента в каждом его сечении к усилиям, которые могут в нём возникнуть. При этом определяющим по максимальному коэффициенту использования несущей способности может оказаться любое сечение элемента, не обязательно совпадающее с максимальным по размеру или с местом максимальных усилий. Напряжения на различных участках элемента могут быть близки к

предельным. Поэтому развитие пластических деформаций для таких элементов не допускается, они всегда относятся к 1 классу по напряжённно-деформированному состоянию.

Основной проблемой при расчёте таких элементов в соответствии с нормами СНИП, СП, ДБН является определение расчётной длины при проверке общей устойчивости сжато-изогнутых элементов по изгибной и по изгибно-крутильной форме.

В ПК ЛИРА 10 реализован расчёт общей устойчивости элементов переменного сечения, исходя из предположения их переменной расчётной длины.

Критическая сила, вызывающая потерю устойчивости, по формуле Эйлера:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_{ef}^2}, \quad \text{откуда} \quad l_{ef} = \pi \sqrt{\frac{EI}{N_{cr}}}$$

Из данной формулы видно, что при переменной жёсткости EI рассматриваемого элемента его расчётная длина также является величиной переменной.

Соотношение расчётных длин в различных сечениях этого элемента выражается условием:

$$\frac{l_{efn}}{l_{efm}} = \sqrt{\frac{I_n}{I_m}} \quad (9.7)$$

Таким образом, каждое сечение такого элемента в расчётной схеме характеризуется не только своими размерами и усилиями, но и своей расчётной длиной.

Если известно значение расчётной длины элемента l_{efbas} (базовое) при определённом значении момента инерции I_{bas} , то расчётная длина элемента в любом другом месте с текущей координатой x (в местных осях стержня) может быть определена:

– при постоянной продольной силе N в пределах рассматриваемого элемента переменного сечения из формулы:

$$l_{efx} = l_{efbas} \sqrt{\frac{I_x}{I_{bas}}} \quad (9.8)$$

– для элементов, у которых сжимающая сила N изменяется по длине, отношение расчётных длин в различных сечениях элемента будет:

$$l_{efx} = l_{efbas} \sqrt{\frac{I_x N_{bas}}{I_{bas} N_x}} \quad (9.9)$$

Таким элементом, например, является наклонный ригель или балка, в которых скатная составляющая распределённых вертикальных нагрузок даёт непрерывное изменение продольной сжимающей силы N по длине элемента.

Анализ результатов расчётов, выполненных ранее традиционным способом с определением расчётных длин с помощью подсистемы **Устойчивость**, показал, что условие (9.9) выполняется практически с абсолютной точностью для всех элементов, участвующих в рассматриваемой форме потери устойчивости.

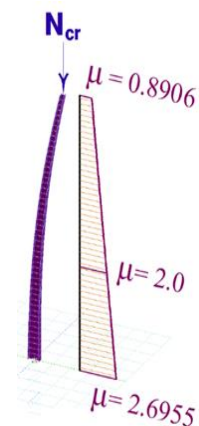


Рис. 9.18

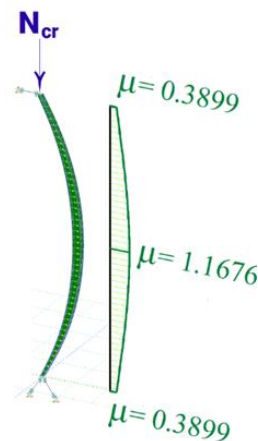




Рис. 9.19

9.5 СЕЧЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ, ДОСТУПНЫЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИЛИ ПОДБОРА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В ПК ЛИРА 10 предусмотрены стали, включенные в указанные выше нормы проектирования. Сортамент сталей находится в редакторе материалов (вызывается с помощью команды **Редакторы** ⇒ **Редактор материалов** либо одноименной командой на вкладке ленты **Редакторы и конструирование**, либо щелчком на кнопке  на панели инструментов). Для выбора нужной стали необходимо в данном редакторе щелкнуть на кнопке **Материал из базы данных**, а затем в раскрывающемся списке выбрать элемент **Стальной прокат из базы данных**. После этого с помощью соответствующих раскрывающихся списков уточняются: нормативный документ, тип проката (листовой или фасонный) и марка (класс) стали.

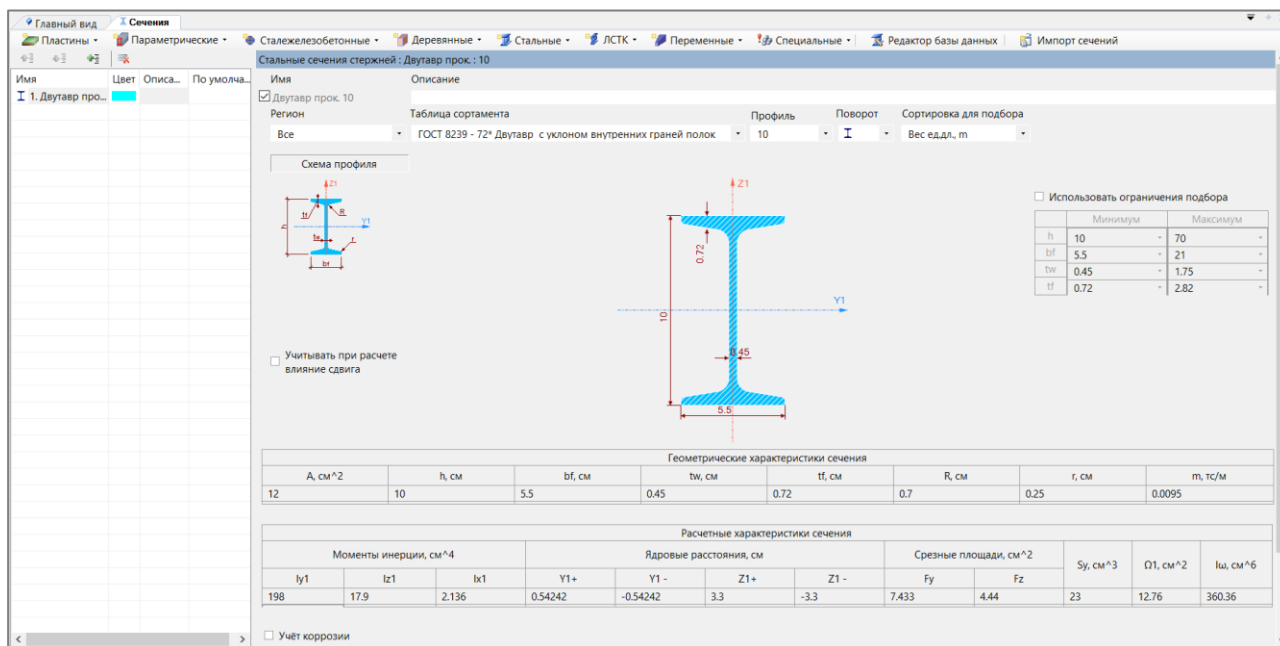
Для проверки или подбора стальных конструкций доступны: одиночные прокатные сечения различных сортов, сварные сечения из листовой стали, а также сплошные составные сечения из двух или четырех прокатных профилей.

Чтобы вызвать **Редактор сечений/жесткостей**, воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇒ **Редактор сечений/жесткостей** либо одноименной командой на вкладке ленты **Редакторы и конструирование**, либо кнопкой  на панели инструментов. В результате в окне главного вида отобразится вкладка **Сечения** (рис. 9.20).

Для доступа к списку стальных сечений нужно в редакторе сечений/жесткостей щелкнуть на кнопке **Стальные**.

В списке **Стальные** приведены раскрывающиеся списки одиночных прокатных, сварных, составных и спаренных сечений.

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 расчетной схеме.



The screenshot displays the 'Сечения' (Sections) editor interface. The main window title is 'Стальные сечения стержней: Двутавр прокат. 10'. The interface includes a list of sections on the left, a central area with a diagram of an I-beam section and its parameters, and a table of geometric and calculation characteristics at the bottom.

Геометрические характеристики сечения

A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	r, см	m, тс/м
12	10	5.5	0.45	0.72	0.7	0.25	0.0095

Расчетные характеристики сечения

Моменты инерции, см ⁴			Ядерные расстояния, см				Средние площади, см ²		Sy, см ³	Ω1, см ²	Iω, 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

Рис. 9.20. Редактор сечений/жесткостей

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 расчетной схеме выводится схематический эскиз сечения с указанием заданных размеров и расчетных характеристик сечения (рис. 9.20).

9.5.1 Одиночные прокатные сечения различных сортов

Одиночные прокатные сечения представлены стандартными типами сечений: двутавр, швеллер, коробка, уголок, тавр, труба, круг, квадрат, прямоугольник. Доступ к необходимому типу прокатного сечения осуществляется через раскрывающийся список кнопки **Стальные** (рис. 9.21).

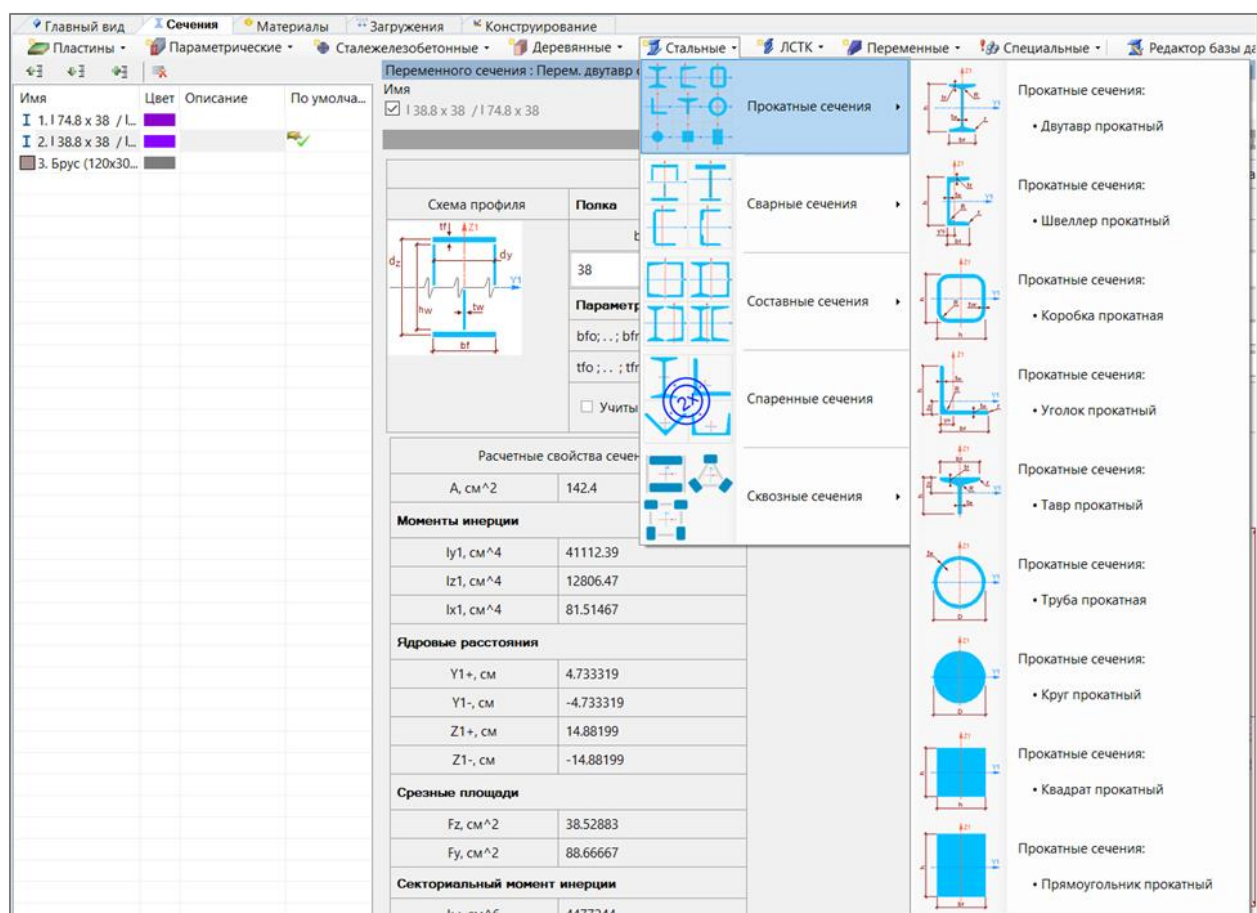


Рис. 9.21. Одиночные прокатные сечения

При 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 раскрывающегося меню **Стальные**, например, прокатный двутавр (рис. 9.22).
2. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов**.
3. Указать нужный **Профиль**.
4. Выбрать требуемую ориентацию профиля с помощью **Поворота** сечения.
5. Из раскрывающегося списка **Сортировка для подбора** выбрать параметры очередности подбора сечения.
6. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.
7. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора** и задать соответствующие параметры.
8. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
9. При необходимости скорректировать поля **Имя** и **Описание**, поместив туда нужную информацию.

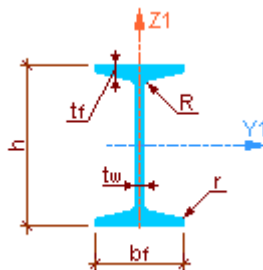


Рис. 9.22. Схема профиля **Двутавр прокатный**

После внесения указанных данных выводится схематический эскиз и таблицы с геометрическими и расчетными характеристиками выбранного сечения (рис. 9.23).

Стальные сечения стержней: Двутавр прок.: 10

Имя: Двутавр прок. 10 сор 0% Описание: Таблица сортamenta

Регион: Все Профиль: 10 Поворот: I Сортировка для подбора: Вес еддл., т

Схема профиля

Учитывать при расчете влияние сдвига

Использовать ограничения подбора

	Минимум	Максимум
h	10	70
bf	5.5	21
tw	0.45	1.75
tf	0.72	2.82

Геометрические характеристики сечения							
A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	r, см	m, тс/м
12.048	10	5.5	0.45	0.72	0.7	0.25	0.0094578

Расчетные характеристики сечения											
Моменты инерции, см ⁴			Ядерные расстояния, см				Срезные площади, см ²		S _y , см ³	Ω ₁ , см ²	I _w , см ⁶
I _{y1}	I _{z1}	I _{x1}	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-	F _y	F _z			
198.33	17.865	2.2072	0.53919	-0.53919	3.2923	-3.2923	5.9795	4.3933	23.021	12.519	380.42

Учет коррозии

Равномерная

в миллиметрах

в процентах от площади сечения

0 мм

0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка

стенка

0 мм

0 мм

Рис. 9.23. Окно параметров сечения **Двутавр прокатный**

Для типа сечения **Тавр прокатный** (рис. 9.24) предусмотрена возможность задания как стандартного таврового сечения, используя сортамент тавров, так и тавра любой допустимой высоты, получаемого путем разрезки исходного двутаврового профиля (рис. 9.25). Во втором случае высота тавра задается в процентном отношении к высоте исходного двутавра.

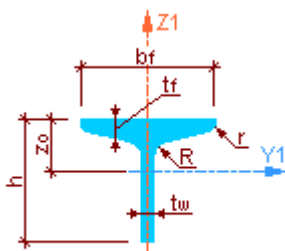


Рис. 9.24. Схема профиля **Тавр прокатный**

Стальные сечения стержней: Тавр прокатный: 1/2 от двут. 10

Имя: 1/2 от двут. 10

Описание: Таблица сортамента

Регион: Все

Профиль: ГОСТ 8239 - 72* Тавр с непараллельными гранями полки

Поворот: 1/2 от двут. 1

Сортировка для подбора: Вес еддл., м

Схема профиля: Использовать сортамент тавров Использовать сортамент двутавров

Учитывать при расчете влияние сдвига

Использовать ограничения подбора

	Минимум	Максимум
h	5	27.5
bf	5.5	18
tw	0.45	1.1
tf	0.72	1.65

Геометрические характеристики сечения									
A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	tf, см	R, см	r, см	m, тс/м	z'o, см	
6.0441	5	5.5	0.45	0.72	0.7	0.025	0.0047446	1.1764	

Расчетные характеристики сечения												
Моменты инерции, см ⁴			Ядровые расстояния, см			Средние площади, см ²		Sy, см ³	Wy верх, см ³	Wy низ, см ³	Wz, см ³	
Iy1	Iz1	Ix1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-	Fy	Fz				
11.2	9.0783	0.97715	0.54619	-0.54619	0.48463	-1.5752	6.6	0	3.267	9.5207	2.9291	3.3012

Учет коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Рис. 9.25. 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), см. рис. 9.26.

9.5.2 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, тавр сварной.

Для доступа к списку сварных сечений из листовой стали нужно в редакторе сечений/жесткостей щелкнуть на кнопке **Стальные**, а затем в раскрывающемся меню **Сварные сечения** выбрать требуемый элемент (рис. 9.27).

Стальные сечения стержней : Уголок прок : 20 x 20 x 3

Имя Описание
 Уголок прок. 20 x 20 x 3 сор

Регион Таблица сортамента Профиль Поворот Сортировка для подбора Ориентация уголка:
 Все ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные 20 x 20 x 3 L Площадь, A L

Использовать ограничения подбора

	Минимум	Максимум
h	2	25
tw	0.3	3

Учитывать при расчете влияние сдвига

Геометрические характеристики сечения

A, см ²	h, см	bf, см	tw, см	R, см	r, см	yo, см	zo, см	tg α	m, тс/м
1.1301	2	2	0.3	0.35	0.12	0.60127	0.60127	0.0	0.00088714

Расчетные характеристики сечения

Моменты инерции, см ⁴				Ядровые расстояния, см				Срезные площади, см ²	
Iy1	Iz1	Ix1	Iv	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-	Fy	Fz
0.39834	0.39834	0.0333	0.16812	0.58623	-0.252	0.58623	-0.252	0.52487	0.52487

Учет коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности 0 мм

по внутренней поверхности 0 мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа 0 %

соотношение между коррозией внутри и снаружи 0

Рис. 9.26. Окно параметров сечения Уголок прокатный. Ориентация в осях, параллельных полке

Переменного сечения : Перем. двутавр

Имя 138.8 x 38 / 174.8 x 38

Схема профиля

Полка 38

Параметры

bf₀; ... ; bfr₀

tfo; ... ; tfr₀

Учитывать

Расчетные свойства сечения

A, см ²	142.4
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	41112.39
Iz1, см ⁴	12806.47
Ix1, см ⁴	81.51467
Ядровые расстояния	

Прокатные сечения

Сварные сечения

Составные сечения

Спаренные сечения

Сквозные сечения

Сварные сечения:

- Двутавр сварной симметричный
- Коробка сварная симметричная

Сварные сечения:

- Двутавр сварной несимметричный

Сварные сечения:

- Швеллер сварной

Сварные сечения:

- Швеллер сварной из листа и уголков

Сварные сечения:

- Тавр сварной

Рис. 9.27. Список сварных сечений из листовой стали

Двутавр сварной симметричный

Для создания нового сечения **Двутавр сварной симметричный** (рис. 9.28) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Сварные сечения**, а затем щелчком мыши выберите элемент **Сварные сечения: Двутавр сварной симметричный / Коробка сварная симметричная**.

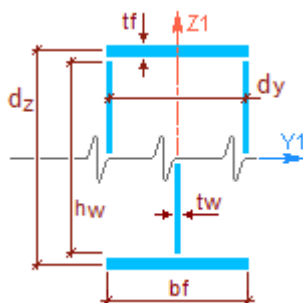


Рис. 9.28. Схема профиля **Двутавр сварной симметричный / Коробка сварная симметричная**

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 идет вдоль местной оси Z_1 , эта величина задается равной нулю.


3. Выбрать ориентацию сечения — реализуется с помощью изменения значений **dy** и **dz** (если задать **dz** = 0, а **dy** ≠ 0, двутавр будет ориентирован вдоль оси Y_1).

4. Задать **Параметры подбора** сечения — ряд значений, которые может принимать рассматриваемый размер **bfo;...;**, **tfo;...;**, **hwo;...;**, **two;...;**. Программа проанализирует все возможные комбинации заданных размеров и выполнит подбор минимального допустимого сечения.

5. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.

6. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).

7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**, поместив туда необходимую информацию.

 Редактировать значение **dz** и **dy** можно нажатием сочетания клавиш **CTRL + пробел**, после чего открывается список параметров сечения (рис. 9.29).

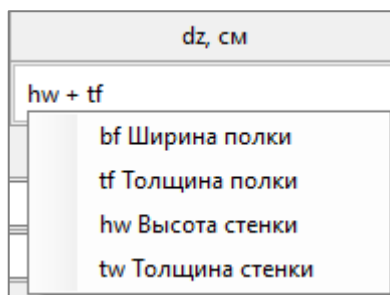



Рис. 9.29. Список параметров сечения

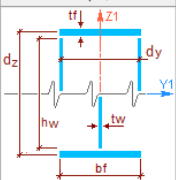
После задания всех указанных параметров сечения выводится его схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного симметричного двутавра (рис. 9.30).

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

Стальные сечения стержней : : I 33 x 20

Имя Описание

I 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	0	

Параметры подбора

bfo: ... : bfn

tfо: ... : tfn

hwo: ... : hwn

two: ... : twn

Учитывать при расчете влияние сдвига

Учет коррозии

Равномерный

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерный в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	90
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	17145
Iz1, см ⁴	2002.5
Ix1, см ⁴	55
Ядерные расстояния	
Y1+, см	2.225
Y1-, см	2.225
Z1+, см	11.545
Z1-, см	11.545
Срезные площади	
Fz, см ²	32.566
Fy, см ²	50
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	4.9613E+05
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	157.5

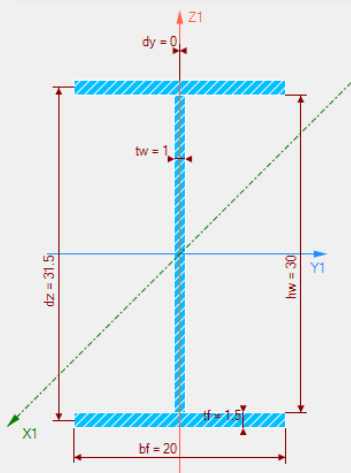



Рис. 9.30. Окно параметров сечения Двутавр сварной симметричный

Коробка сварная симметричная

Для создания нового сечения **Коробка сварная симметричная** (рис. 9.31) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Сварные сечения**, а затем щелчком мыши выберите элемент **Сварные сечения: Двутавр сварной симметричный / Коробка сварная симметричная** (рис. 9.27) аналогично указаниям, изложенным выше (для двутавра сварного симметричного).

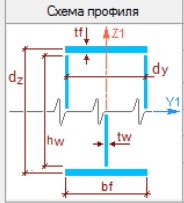
Для коробки сварной симметричной необходимо указать как значение **dz**, так и **dy** — расстояние между осями симметрии стенок коробки (значение можно задавать как в численном виде, так и формулой).

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

Стальные сечения стержней : : 133 x 20

Имя Описание

133 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		fwo: ... fwn			
	tfo: ... tfn		two: ... twn			
<input type="checkbox"/> Учитывать при расчете влияние сдвига						

Учёт коррозии

Равномерный

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерный в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	120
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	19395
Iz1, см ⁴	5380
Ix1, см ⁴	10759
Ядровые расстояния	
Y1+, см	4.4833
Y1-, см	4.4833
Z1+, см	9.7955
Z1-, см	9.7955
Срезные площади	
Fz, см ²	55
Fy, см ²	50
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	1.3542E+05
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	0

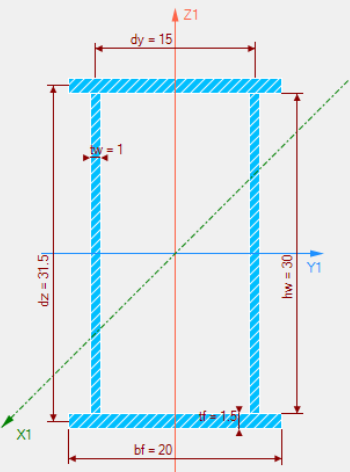


Рис. 9.31. Окно параметров сечения **Коробка сварная симметричная**

Двутавр сварной несимметричный

Для создания нового сечения **Двутавр сварной несимметричный** (рис. 9.32) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Сварные сечения**, а затем щелчком мыши выберите элемент **Сварные сечения: Двутавр сварной несимметричный** (рис. 9.27).

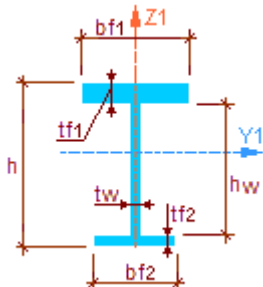


Рис. 9.32. Схема профиля **Двутавр сварной несимметричный**

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

1. Задать геометрические параметры полки:
 - **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;...;** из которого программа выполнит подбор.
5. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.
6. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После задания всех указанных параметров выводится схематический эскиз заданного сечения и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного несимметричного двутавра (рис. 9.33).

Параметры сечения																																																
Схема профиля	Полка				Стенка																																											
	bf1, см	tf1, см	bf2, см	tf2, см	hwo, 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																																													
<input type="checkbox"/> Учитывать при расчете влияние сдвига					Поворот	I																																										
<input type="checkbox"/> Учёт коррозии																																																
<input checked="" type="radio"/> Равномерный в миллиметрах 0 мм <input type="radio"/> в процентах от площади сечения 0 %		<input type="radio"/> Неравномерный в миллиметрах полка 0 мм стенка 0 мм																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Расчетные свойства сечения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A, см²</td> <td>97.5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Моменты инерции</td> </tr> <tr> <td>Iy1, см⁴</td> <td>13181</td> </tr> <tr> <td>Iz1, см⁴</td> <td>2090.6</td> </tr> <tr> <td>Ix1, см⁴</td> <td>161.72</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ядерные расстояния</td> </tr> <tr> <td>Y1+, см</td> <td>2.1442</td> </tr> <tr> <td>Y1-, см</td> <td>2.1442</td> </tr> <tr> <td>Z1+, см</td> <td>12.282</td> </tr> <tr> <td>Z1-, см</td> <td>7.513</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Срезные площади</td> </tr> <tr> <td>Fz, см²</td> <td>26.168</td> </tr> <tr> <td>Fy, см²</td> <td>60.417</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Секториальный момент инерции</td> </tr> <tr> <td>Iw, см⁶</td> <td>2.4518E+05</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Статический момент полусечения</td> </tr> <tr> <td>Sy, см³</td> <td>524</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Секториальная площадь</td> </tr> <tr> <td>Ω1, см²</td> <td>54.539</td> </tr> <tr> <td>Ω2, см²</td> <td>161.6</td> </tr> </tbody> </table>							Расчетные свойства сечения		A, см ²	97.5	Моменты инерции		Iy1, см ⁴	13181	Iz1, см ⁴	2090.6	Ix1, см ⁴	161.72	Ядерные расстояния		Y1+, см	2.1442	Y1-, см	2.1442	Z1+, см	12.282	Z1-, см	7.513	Срезные площади		Fz, см ²	26.168	Fy, см ²	60.417	Секториальный момент инерции		Iw, см ⁶	2.4518E+05	Статический момент полусечения		Sy, см ³	524	Секториальная площадь		Ω1, см ²	54.539	Ω2, см ²	161.6
Расчетные свойства сечения																																																
A, см ²	97.5																																															
Моменты инерции																																																
Iy1, см ⁴	13181																																															
Iz1, см ⁴	2090.6																																															
Ix1, см ⁴	161.72																																															
Ядерные расстояния																																																
Y1+, см	2.1442																																															
Y1-, см	2.1442																																															
Z1+, см	12.282																																															
Z1-, см	7.513																																															
Срезные площади																																																
Fz, см ²	26.168																																															
Fy, см ²	60.417																																															
Секториальный момент инерции																																																
Iw, см ⁶	2.4518E+05																																															
Статический момент полусечения																																																
Sy, см ³	524																																															
Секториальная площадь																																																
Ω1, см ²	54.539																																															
Ω2, см ²	161.6																																															

Рис. 9.33. Окно параметров сечения Двутавр сварной несимметричный

Швеллер сварной

Для создания нового сечения **Швеллер сварной** (рис. 9.34) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные ⇒ Сварные сечения**, а затем щелчком мыши выберите элемент **Сварные сечения: Швеллер сварной** (рис. 9.27).

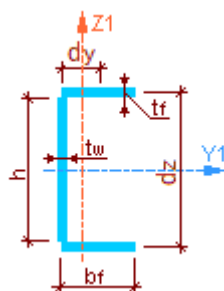


Рис. 9.34. Схема профиля Швеллер сварной

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 **bf10;...; tf10;...; ho;...; two;...;**, из которого программа выполнит подбор.
5. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.
6. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После задания всех указанных параметров выводится схематический эскиз заданного сечения и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного швеллера (рис. 9.35).


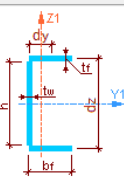
 В случае ввода некорректных исходных данных или геометрических характеристик сечения (существование разрывов между листами стали, нарушение ограничений и т.п.) система выполнит проверку и выведет предупреждение о недопустимых геометрических параметрах и ограничениях.

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						
bfo : ... : bfn			ho : ... : hn			
tfo : ... : tfn			two : ... : twn			
<input type="checkbox"/> Учитывать при расчете влияние сдвига						Поворот C

<input type="checkbox"/> Учет коррозии	
Равномерный	<input checked="" type="radio"/> в миллиметрах 0 мм
	<input type="radio"/> в процентах от площади сечения 0 %
<input type="radio"/> Неравномерный в миллиметрах	
полка	0 мм
стенка	0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	28
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	2131.4
Iz1, см ⁴	305.12
Ix1, см ⁴	5.4357
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.5256
Y1-, см	3.4516
Z1+, см	7.0483
Z1-, см	7.0483
Срезные площади	
Fz, см ²	12
Fy, см ²	16
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	22545
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	113.2
Sz, см ³	87.464
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	42.241
Ω2, см ²	61.759

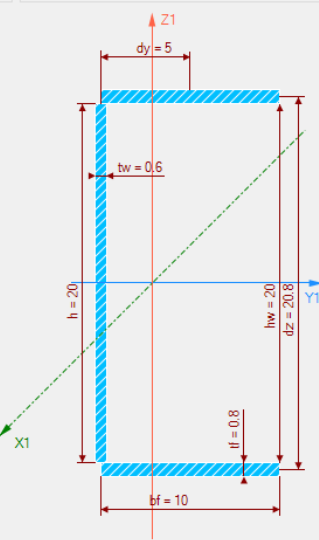


Рис. 9.35. Окно параметров сечения Швеллер сварной

Швеллер сварной из листа и уголков

Для создания нового сечения **Швеллер сварной из листа и уголков** (рис. 9.36) и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите в **Стальные** ⇒ **Сварные сечения**, а затем щелчком мыши выберите элемент **Сварные сечения: Швеллер сварной из листа и уголков** (рис. 9.27).

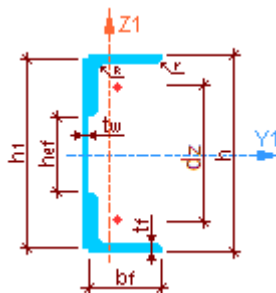


Рис. 9.36. Схема профиля **Швеллер сварной из листа и уголков**

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;...;**, **two;...;**, из которого программа выполнит подбор.

6. При использовании сортамента неравнополочных уголков необходимо указать **Ориентацию уголка** относительно стенки швеллера.

7. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.

8. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, указав при этом значения максимальной высоты и ширины сечения.

9. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).

10. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами сварного швеллера из листа и уголков (рис. 9.37).

Стальные сечения стержней: Швеллер из угол. 2.2 x 6.4

Имя Описание

Швеллер из угол. 2.2 x 6.4

Параметры сечения

Схема профиля	Пояс	Стенка
	Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
	Профиль	20 x 20 x 3
	Поворот	C
<input type="checkbox"/> Учитывать при расчете влияние сдвига		Параметры подбора ho ; ... ; hn two ; ... ; twn

Использовать ограничения подбора Максимальная высота сечения 0 см Максимальная ширина сечения 0 см

Учёт коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	3.46
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	19.661
Iz1, см ⁴	1.1862
Ix1, см ⁴	0.20615
Ядровые расстояния	
Y1+, см	0.61441
Y1-, см	-0.20878
Z1+, см	1.7757
Z1-, см	-1.7757
Срезные площади	
Fz, см ²	1.8238
Fy, см ²	1.6362
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	8.081
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	3.838
Sz, см ³	0.77321
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	1.6131
Ω2, см ²	4.3011

Рис. 9.37. Окно параметров сечения Швеллер сварной из листа и уголков

Тавр сварной

Для создания нового сечения **Тавр сварной** (рис. 9.38) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Сварные сечения**, затем щелчком мыши выберите элемент **Сварные сечения: Тавр сварной** (рис. 9.27).

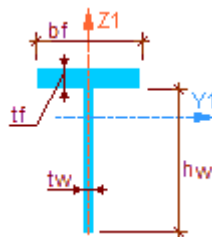


Рис. 9.38. Схема профиля Тавр сварной

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

1. Задать геометрические параметры полки:
 - **bf** (см) — ширина полки;
 - **tf** (см) — толщина 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 **bfo;...; tfo;...; hwo;...; two;...;** из которого программа выполнит подбор.
5. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.
6. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После задания всех указанных параметров выводится схематический эскиз заданного сечения и обновляется таблица с расчетными характеристиками сварного несимметричного тавра (рис. 9.39).

Стальные сечения стержней : 127.5 x 20

Имя Описание

127.5 x 20

Параметры сечения				
Схема профиля	Полка		Стенка	
	bf, см	tf, см	hw, см	tw, см
	20	2.5	25	1
Параметры подбора				
	bfo ; . . ; bfn		hwo ; . . ; hwn	
	tfo ; . . ; tfn		two ; . . ; twn	
<input type="checkbox"/> Учитывать при расчете влияние сдвига			Поворот	T

Учет коррозии

Равномерный

в миллиметрах

в процентах от площади сечения

Неравномерный в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	75
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	4479.2
Iz1, см ⁴	1668.8
Ix1, см ⁴	135
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2.225
Y1-, см	-2.225
Z1+, см	2.7564
Z1-, см	-10.238
Срезные площади	
Fz, см ²	24.698
Fy, см ²	45.643
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	1370.5
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	234.72
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	0
Ω2, см ²	0

Рис. 9.39. Окно параметров сечения **Тавр сварной**

9.5.3 Спаренные сечения

Сплошные составные сечения из двух или четырех 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 четырех уголков, швеллер из двух уголков.

Для доступа к списку сплошных составных сечений из двух или четырех прокатных профилей нужно в редакторе сечений/жесткостей щелкнуть на кнопке **Стальные**, в раскрывающемся меню выбрать элемент **Спаренные сечения** (рис. 9.27).

По умолчанию создается новое сечение **Коробка из двутавров**, а при щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню со списком базовых профилей, из которых можно создавать сечение из двух или четырех прокатных профилей (рис. 9.40).

При наведении курсора на один из профилей раскрывается подменю, позволяющее выбрать ориентацию базового профиля относительно главных осей Z_1OY_1 (рис. 9.40).

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

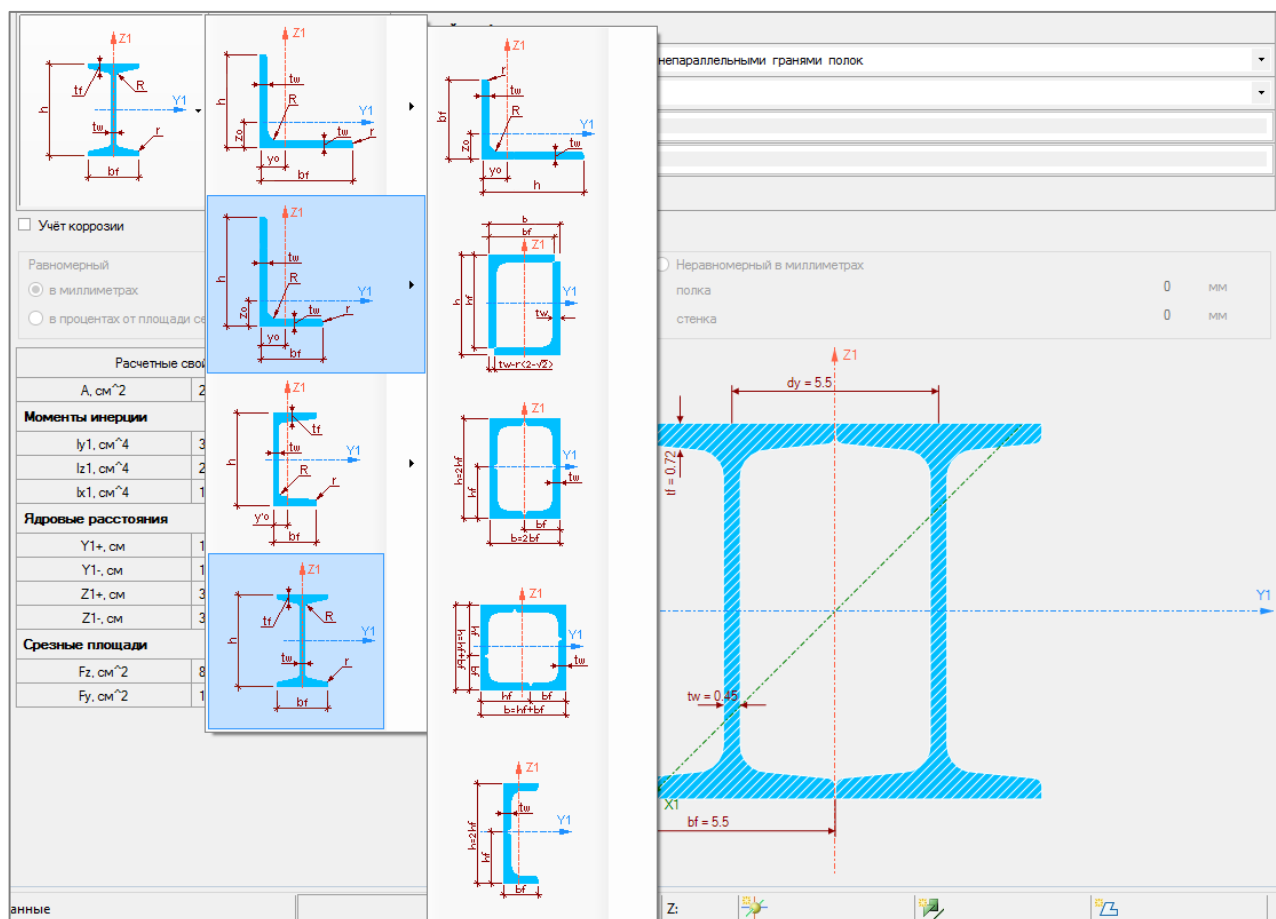


Рис. 9.40.1 Список спаренных сечений

Спаренные сечения из двутавра

Коробка из двутавров

Для создания нового сечения **Коробка из двутавров** и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню — выберите в нем щелчком мыши элемент **Спаренные сечения из двутавра** (рис. 9.41).

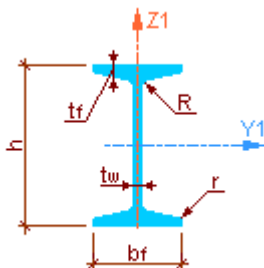


Рис. 9.41.2 Схема базового профиля **Спаренные сечения из двутавра**

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

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортаментов** (рис. 9.43).
2. Указать нужный **Профиль**.
3. Установить в необходимое положение переключатель расположения базовых двутавров относительно главных осей спаренного сечения (рис. 9.42).
4. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

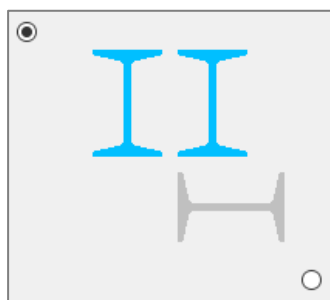


Рис. 9.42. Переключатель расположения базовых двутавров относительно главных осей

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух прокатных двутавров (рис. 9.44).

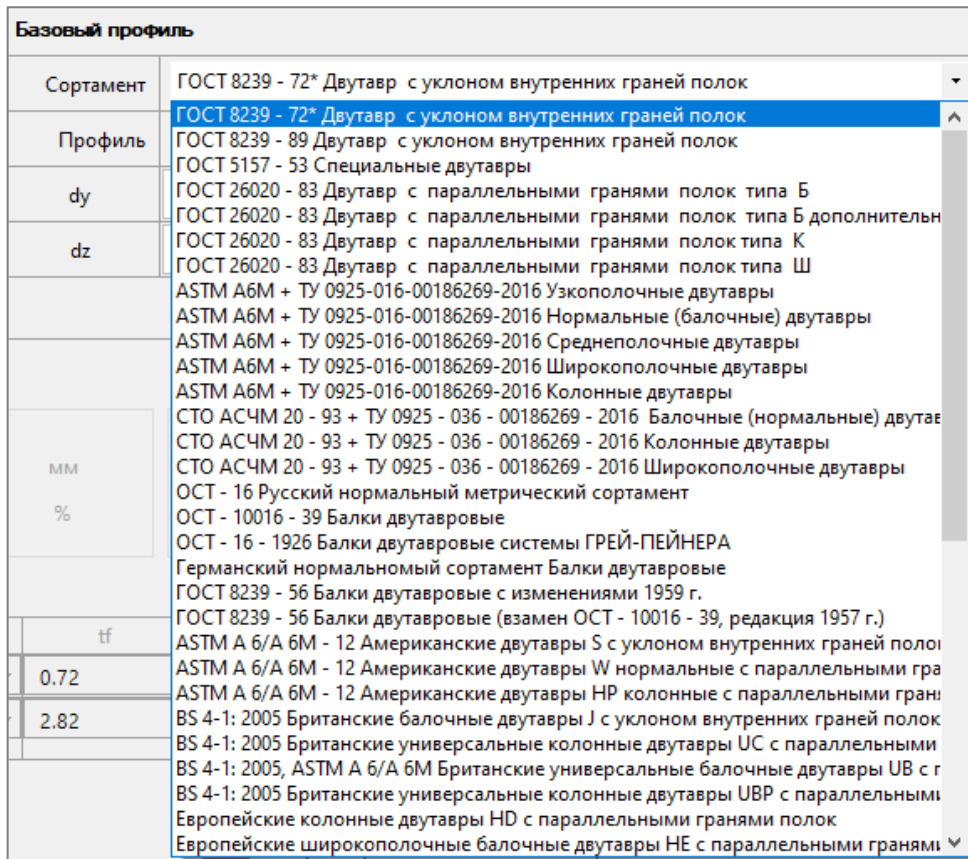


Рис. 9.43. Сортамент двутавров

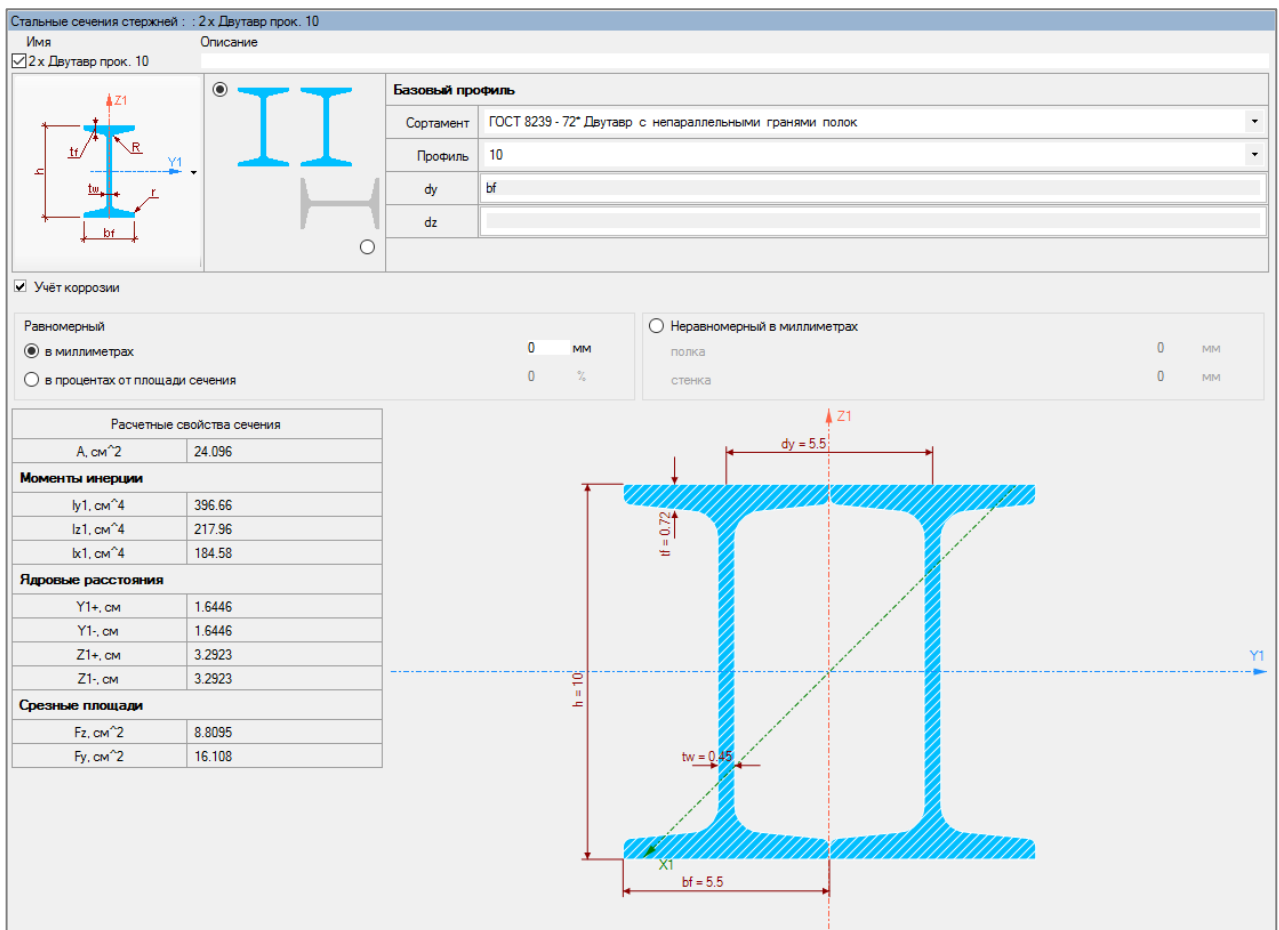


Рис. 9.44. Окно параметров сечения Коробка из двутавров

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 четырех уголков, швеллер из двух уголков (рис. 9.45).

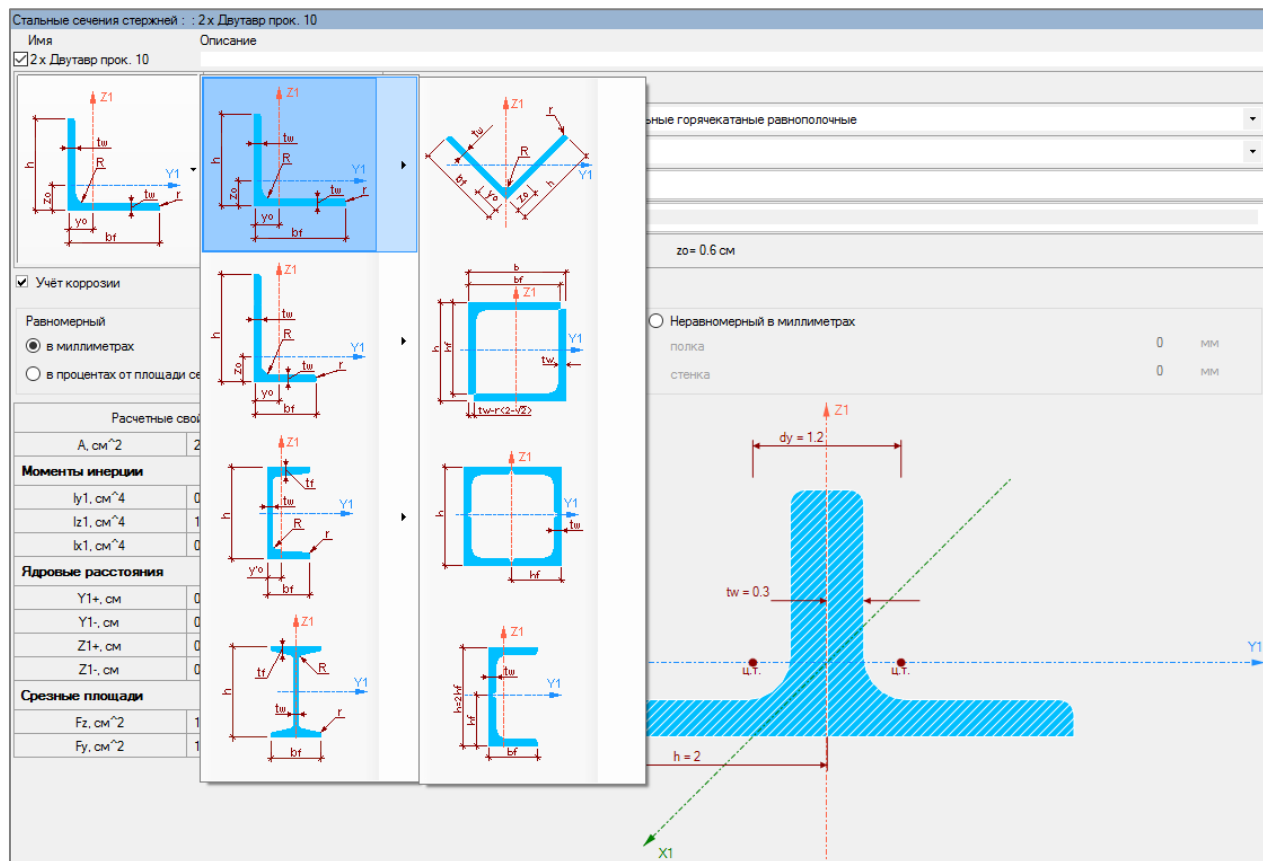


Рис. 9.45. Список спаренных сечений из базового профиля **Равнополочный уголок**

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

Для создания нового сечения **Тавр из двух равнополочных уголков** Рис. и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню — выберите в нем щелчком мыши элемент **Спаренные сечения из равнополочного уголка** (рис. 9.46).

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

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортаментов**.
2. Указать нужный **Профиль**.
3. Установить в необходимое положение переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения (рис. 9.47).
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** — расстояние между главными осями Z базовых уголков;

- **dz** — расстояние между главными осями Y базовых уголков.

5. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).

6. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.

7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

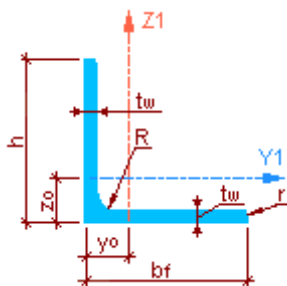


Рис. 9.46. Схема базового профиля
Спаренные сечения из равнополочного
уголка

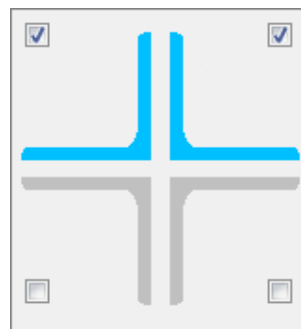




Рис. 9.47. Переключатель расположения
базовых уголков относительно главных осей
спаренного сечения

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

dy	2 * zo
dz	zo Привязка центра тяжести относительно внешней грани полки h Длина полки r Радиус R Радиус сопряжения стенки с полкой tw Толщина стенки yo Привязка центра тяжести относительно внешней грани полки
y	

Рис. 9.48. Список параметров сечения

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного тавра из двух равнополочных прокатных уголков (рис. 9.49).

 Для создания сечения **Крест из равнополочных уголков, ориентированных параллельно полкам** (рис. 9.50), 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 (рис. 9.47).

Базовый профиль

Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
Профиль	45 x 45 x 3
dy	2 * zo
dz	
yo= 1.21 см zo= 1.21 см	

Учёт коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Использовать ограничения подбора

	h	tw
Минимум	2.5	0.3
Максимум	20	1.6

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	5.3025
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	10.26
Iz1, см ⁴	18.023
Ix1, см ⁴	0.1566
Ядровые расстояния	
Y1+, см	0.75606
Y1-, см	-0.75606
Z1+, см	1.6052
Z1-, см	-0.58731
Срезные площади	
Fz, см ²	2.2927
Fy, см ²	2.5653

Рис. 9.49. Окно параметров сечения Тавр из равнополочных уголков

Базовый профиль

Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
Профиль	45 x 45 x 3
dy	2 * zo
dz	2 * zo
yo= 1.21 см zo= 1.21 см	

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности 0 мм

по внутренней поверхности 0 мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа 0 %

соотношение между коррозией внутри и снаружи 0

Использовать ограничения подбора

	h	tw
Минимум	2.5	0.3
Максимум	20	1.6

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	5.3025
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	18.072
Iz1, см ⁴	18.072
Ix1, см ⁴	0.1566
Ядровые расстояния	
Y1+, см	0.75738
Y1-, см	-0.75738
Z1+, см	0.75738
Z1-, см	-0.75738
Срезные площади	
Fz, см ²	2.61
Fy, см ²	2.61

Рис. 9.50.3 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** (рис. 9.51) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.45), где нужно выбрать элемент **Спаренные сечения из равнополочного уголка** и необходимую ориентацию базового профиля относительно главных осей ZoY .

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

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов**.
2. Указать нужный **Профиль**.
3. Установить в необходимое положение переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения (рис. 9.52).
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** — расстояние между главными осями Z базовых уголков;
 - **dz** — расстояние между главными осями Y базовых уголков.
5. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
6. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

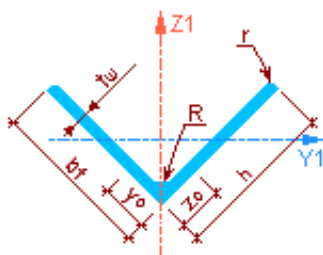


Рис. 9.51.4 Схема базового профиля
**Спаренные сечения из равнополочного
уголка**

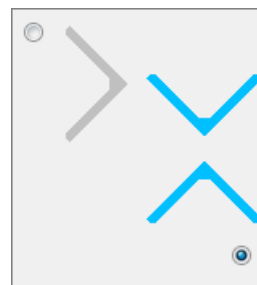
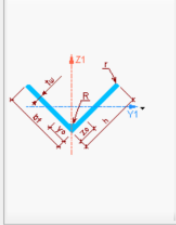


Рис. 9.52 Переключатель расположения
базовых уголков относительно главных осей
спаренного сечения

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного креста из двух равнополочных прокатных уголков (рис. 9.53).



Базовый профиль

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

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности	0	мм
по внутренней поверхности	0	мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа	-0.0099	%
соотношение между коррозией внутри и снаружи	0	

Использовать ограничения подбора

	h	tw
Минимум	2	0.3
Максимум	25	3

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	2.2602
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	1.9705
Iz1, см ⁴	0.33624
Ix1, см ⁴	0.0666
Ядровые расстояния	
Y1+, см	0.10519
Y1-, см	-0.10519
Z1+, см	0.55348
Z1-, см	-0.55348
Срезные площади	
Fz, см ²	1.11
Fy, см ²	1.11

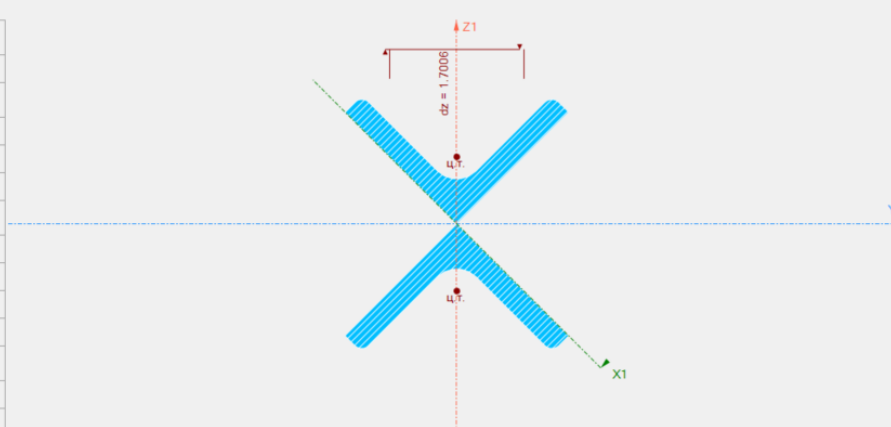


Рис. 9.53. Окно параметров сечения **Крест из равнополочных уголков**

Коробка из двух равнополочных уголков

Для создания нового сечения **Коробка из двух равнополочных уголков** и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.45). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из равнополочного уголка** и щелчком мыши перейдите на элемент **Коробка из двух равнополочных уголков** (рис. 9.54).

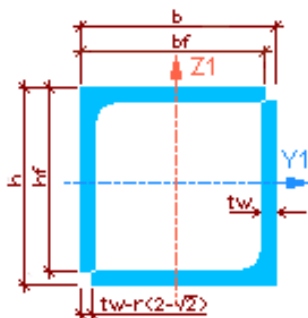


Рис. 9.54. Схема профиля **Коробка из двух равнополочных уголков**

Базовый профиль	
Сортамент	ГОСТ 8509 - 93 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
Профиль	20 x 20 x 4
dy	
dz	

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах
 по наружной поверхности 0 мм
 по внутренней поверхности 0 мм

Глубина коррозии в процентах
 процент коррозионного износа 0 %
 соотношение между коррозией внутри и снаружи 0

Использовать ограничения подбора

	h	tw
Минимум	2	0.3
Максимум	25	3.5

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	2.9202
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	1.8026
Iz1, см ⁴	1.8026
Ix1, см ⁴	2.8743
Ядровые расстояния	
Y1+, см	0.52992
Y1-, см	-0.52992
Z1+, см	0.52992
Z1-, см	-0.52992
Срезные площади	
Fz, см ²	1.7221
Fy, см ²	1.7221

Рис. 9.55. Окно параметров сечения **Коробка из двух равнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Коробка из двух равнополочных уголков** (рис. 9.55) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортамент из **Таблицы сортаментов**.
2. Указать нужный **Профиль**.
3. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
4. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух равнополочных прокатных уголков (рис. 9.55).

Коробка из четырех равнополочных уголков

Для создания нового сечения **Коробка из четырех равнополочных уголков** и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.45). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из равнополочного уголка** и щелчком мыши перейдите на элемент **Коробка из четырех равнополочных уголков** (рис. 9.56).

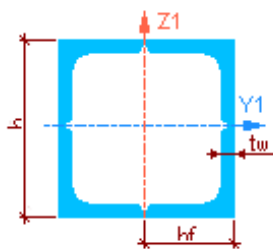


Рис. 9.56. Схема профиля **Коробка из четырех равнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Коробка из четырех равнополочных уголков** (рис. 9.57) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов**.
2. Указать нужный **Профиль**.
3. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
4. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из четырех равнополочных прокатных уголков (рис. 9.57).

Базовый профиль

Сортament: ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные

Профиль: 20 x 20 x 4

dy:

dz:

Учет коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности: мм

по внутренней поверхности: мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа: %

соотношение между коррозией внутри и снаружи:

Использовать ограничения подбора

	h	tw
Минимум	2	0.3
Максимум	25	3

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	5.8404
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	12.806
Iz1, см ⁴	12.806
Ix1, см ⁴	18.662
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.0964
Y1-, см	-1.0964
Z1+, см	1.0964
Z1-, см	-1.0964
Срезные площади	
Fz, см ²	3.052
Fy, см ²	3.052

Рис. 9.57. Окно параметров сечения **Коробка из четырех равнополочных уголков**

Швеллер из двух равнополочных уголков

Для создания нового сечения **Швеллер из двух равнополочных уголков** и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.45). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из равнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на элемент **Швеллер из двух равнополочных уголков** (рис. 9.58).

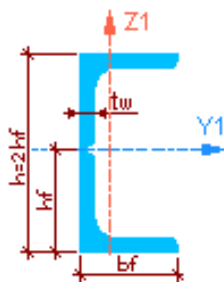


Рис. 9.58. Схема профиля **Швеллер из двух равнополочных уголков**

Базовый профиль

Сортамент: ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные

Профиль: 20 x 20 x 4

Поворот: L

Учет коррозии

Равномерная
 в миллиметрах 0 мм
 в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах
полка 0 мм
стенка 0 мм

Использовать ограничения подбора

	h	tw
Минимум	2	0.3
Максимум	25	3

Расчетные свойства сечения

A, см ²	2.9202
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	0.99574
Iz1, см ⁴	6.4032
Ix1, см ⁴	0.17203
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.0964
Y1-, см	-1.0964
Z1+, см	0.53365
Z1-, см	-0.25053
Срезные площади	
Fz, см ²	1.4603
Fy, см ²	1.526

Рис. 9.59.5 Окно параметров сечения **Швеллер из двух равнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Швеллер из двух равнополочных уголков** (рис. 9.59) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов**.
2. Указать нужный **Профиль**.
3. Выбрать ориентацию **Поворота** сечения.
4. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
5. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного швеллера из двух равнополочных прокатных уголков (рис. 9.59).

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 четырех уголков, швеллер из двух уголков (рис. 9.60).

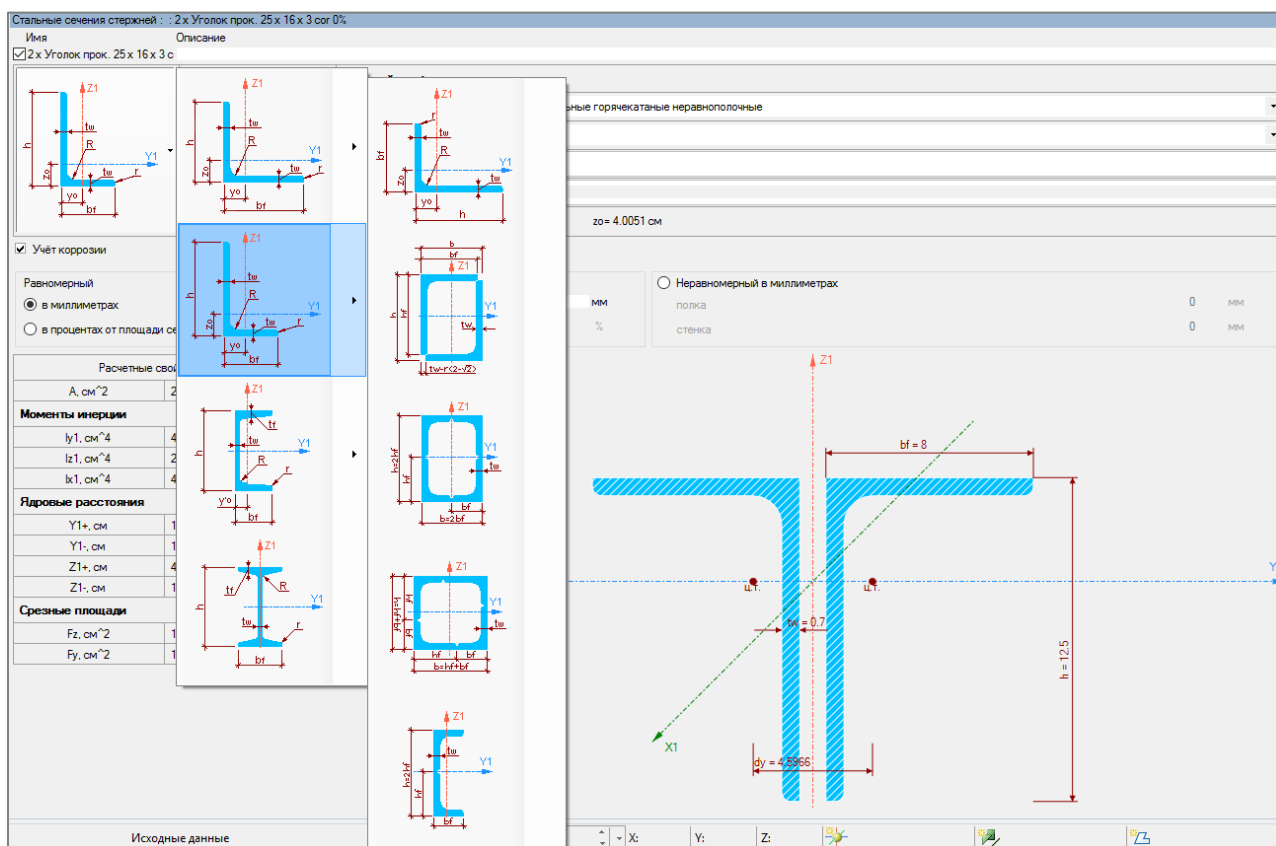


Рис. 9.60. Список спаренных сечений из базового профиля **Неравнополочный уголок**

Тавр / крест из двух неравнополочных прокатных уголков

Для создания нового сечения **Тавр** из двух неравнополочных уголков и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**.

При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.60). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и необходимую **Ориентацию базового профиля** относительно главных осей ZoY (рис. 9.61).

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 (рис. 9.62).
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** — расстояние между главными осями Z базовых уголков;
 - **dz** — расстояние между главными осями Y базовых уголков.
5. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
6. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

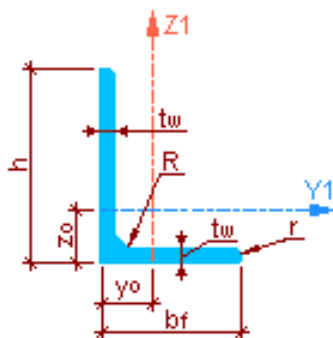


Рис. 9.61. Схема базового профиля
Спаренные сечения из неравнополочных уголков

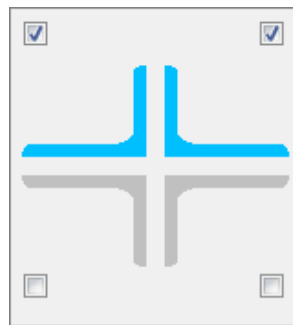




Рис. 9.62. Переключатель расположения базовых уголков относительно главных осей спаренного сечения

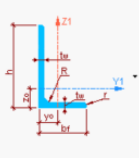
 Редактировать значения **dz** и **dy** можно нажатием сочетания клавиш **CTRL + пробел**, после чего откроется список параметров сечения (рис. 9.63).


dy	2 * yo
dz	b Длина короткой полки
	yo Привязка центра тяжести относительно внешней грани полки
	zo Привязка центра тяжести относительно внешней грани стенки
y	h Длина длинной полки (стенки)
	r Радиус
	R Радиус сопряжения стенки с полкой
	tw Толщина стенки

Рис. 9.63. Список параметров сечения

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного тавра / креста из двух неравнополочных прокатных уголков (рис. 9.64).

 Для создания сечения **Крест из неравнополочных уголков** (рис. 9.66) 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 (рис. 9.62).





Базовый профиль

Сортамент: ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные

Профиль: 125 x 80 x 7

dy: 2 * yo + 1

dz:

yo = 1.7983 см zo = 4.0051 см

Учёт коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	28.122
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	453.06
Iz1, см ⁴	296.01
Ix1, см ⁴	4.5276
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.2384
Y1-, см	-1.2384
Z1+, см	1.896
Z1-, см	-4.0247
Срезные площади	
Fz, см ²	14.965
Fy, см ²	11.262

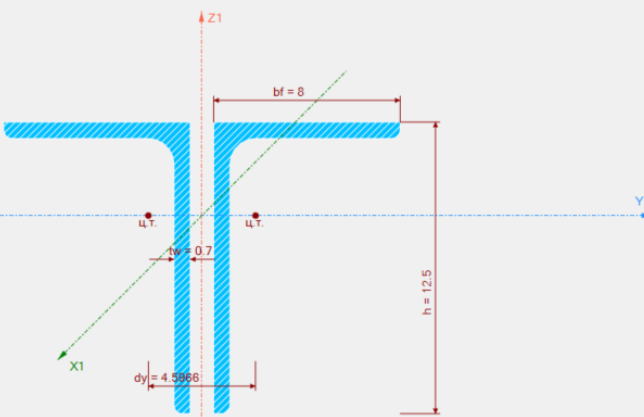



Рис. 9.64. Окно параметров сечения **Тавр из неравнополочных уголков, ориентированных большей стороной вдоль Z_1**

 Выбор **Ориентации базового профиля** относительно главных осей Z_1OY_1 осуществляется через раскрывающееся меню (рис. 9.60). В результате изменения ориентации базового профиля получаем тавр из двух неравнополочных прокатных уголков (рис. 9.65).

Базовый профиль

Сортамент: ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные

Профиль: 125 x 80 x 7

dy: 2 * y0 + 1

dz:

y0 = 4.0051 см z0 = 1.7983 см

Учёт коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка: 0 мм

стенка: 0 мм

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения

A, см ²	28.122
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	147.47
Iz1, см ⁴	1023.8
Ix1, см ⁴	4.5276
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2.8009
Y1-, см	-2.8009
Z1+, см	0.84538
Z1-, см	-2.9183
Срезные площади	
Fz, см ²	9.5547
Fy, см ²	16.177

Рис. 9.65. Окно параметров сечения Тавр из неравнополочных уголков, ориентированных меньшей стороной вдоль Z_1

Базовый профиль

Сортамент: ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные

Профиль: 125 x 80 x 7

dy: 2 * y0 + 1

dz: 2 * z0 + 1

y0 = 4.0051 см z0 = 1.7983 см

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности: 0 мм

по внутренней поверхности: 0 мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа: 0 %

соотношение между коррозией внутри и снаружи: 0

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения

A, см ²	28.122
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	601.82
Iz1, см ⁴	718.23
Ix1, см ⁴	4.5276
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.9649
Y1-, см	-1.9649
Z1+, см	2.5172
Z1-, см	-2.5172
Срезные площади	
Fz, см ²	17.01
Fy, см ²	10.71

Рис. 9.66. Окно параметров сечения Крест из неравнополочных уголков

Коробка из двух неравнополочных уголков

Для создания нового сечения **Коробка из двух неравнополочных уголков** и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.60). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на элемент **Коробка из двух неравнополочных уголков** (рис. 9.67).

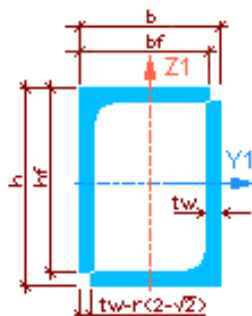


Рис. 9.67. Схема профиля **Коробка из двух неравнополочных уголков**

Базовый профиль

Сортамент: ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные

Профиль: 125 x 80 x 7

dy: _____

dz: _____

Поворот: 0°

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности: 0 мм

по внутренней поверхности: 0 мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа: 0 %

соотношение между коррозией внутри и снаружи: 0

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	28.122
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	315.35
Iz1, см ⁴	626.7
Ix1, см ⁴	637.69
Ядровые расстояния	
Y1+, см	3.4329
Y1-, см	-3.4329
Z1+, см	2.6437
Z1-, см	-2.6437
Срезные площади	
Fz, см ²	11.526
Fy, см ²	17.164

Рис. 9.68. Окно параметров сечения **Коробка из двух неравнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Коробка из двух неравнополочных уголков** (рис. 9.68) 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. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
5. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух неравнополочных прокатных уголков (рис. 9.68).

Коробка из четырех неравнополочных уголков

Для создания нового сечения **Коробка из четырех неравнополочных уголков** и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные ⇨ Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.60). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на элемент **Коробка из четырех неравнополочных уголков** (рис. 9.69).

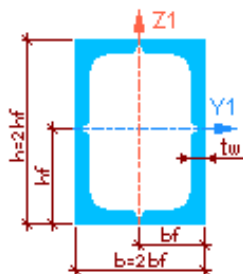
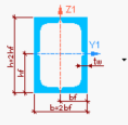


Рис. 9.69.6 Схема профиля **Коробка из четырех неравнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Коробка из четырех неравнополочных уголков** (рис. 9.70) 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. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
5. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из четырех неравнополочных прокатных уголков (рис. 9.70).



Базовый профиль

Сортамент	ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные
Профиль	100 x 63 x 8
dy	
dz	

Поворот

Учет коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности мм

по внутренней поверхности мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа %

соотношение между коррозией внутри и снаружи

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	50.271
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	2750.8
Iz1, см ⁴	1314.1
Ix1, см ⁴	2649.3
Ядровые расстояния	
Y1+, см	4.1493
Y1-, см	-4.1493
Z1+, см	5.4719
Z1-, см	-5.4719
Срезные площади	
Fz, см ²	30.565
Fy, см ²	19.754

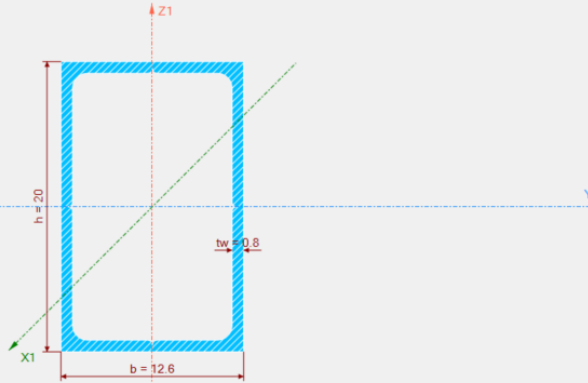


Рис. 9.70. Окно параметров сечения **Коробка из четырех неравнополочных уголков**

Выбор **Ориентации базового профиля** относительно главных осей Z_1OY_1 осуществляется через раскрывающееся меню (рис. 9.60). В результате изменения ориентации базового профиля получаем коробку из четырех неравнополочных прокатных уголков (рис. 9.71).

Базовый профиль			
Сортамент	ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные		
Профиль	100 x 65 x 7		
dy			
dz			

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности: 0 мм

по внутренней поверхности: 0 мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа: 0 %

соотношение между коррозией внутри и снаружи: 0

Использовать ограничения подбора

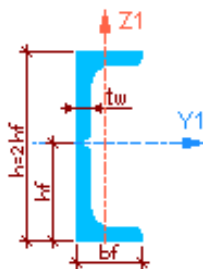
	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения	
$A, \text{см}^2$	44.911
Моменты инерции	
$I_{y1}, \text{см}^4$	1884.7
$I_{z1}, \text{см}^4$	1884.7
$I_{x1}, \text{см}^4$	2761
Ядровые расстояния	
$Y1+, \text{см}$	5.0866
$Y1-, \text{см}$	-5.0866
$Z1+, \text{см}$	5.0866
$Z1-, \text{см}$	-5.0866
Срезные площади	
$F_z, \text{см}^2$	22.442
$F_y, \text{см}^2$	22.442

Рис. 9.71. Окно параметров сечения **Коробка из четырех неравнополочных уголков**

Швеллер из двух неравнополочных уголков

Для создания нового сечения **Швеллер из двух неравнополочных уголков** и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.60). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из неравнополочных уголков** и щелчком мыши перейдите на элемент **Швеллер из двух неравнополочных уголков** (рис. 9.72).

Рис. 9.72. Схема профиля **Швеллер из двух неравнополочных уголков**

В окне параметров сечения **Швеллер из двух неравнополочных уголков** (рис. 9.73) 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. Указать **Ориентацию уголка**.
4. Выбрать ориентацию **Поворота** сечения.
5. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
6. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного швеллера из двух неравнополочных прокатных уголков (рис. 9.73).

Базовый профиль

Сортament: ГОСТ 8510 - 72 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные

Профиль: 56 x 36 x 4

Ориентация уголка: []]

Поворот: []]

Учет коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw
Минимум	2.5	1.6	0.3
Максимум	20	12.5	1.6

Расчетные свойства сечения

A, см ²	7.1602
--------------------	--------

Моменты инерции

Iy1, см ⁴	61.86
Iz1, см ⁴	22.744
Ix1, см ⁴	0.42052

Ядровые расстояния

Y1+, см	1.7464
Y1-, см	-0.84009
Z1+, см	2.3999
Z1-, см	-2.3999

Срезные площади

Fz, см ²	2.8135
Fy, см ²	3.8205

Рис. 9.73. 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 (рис. 9.74).

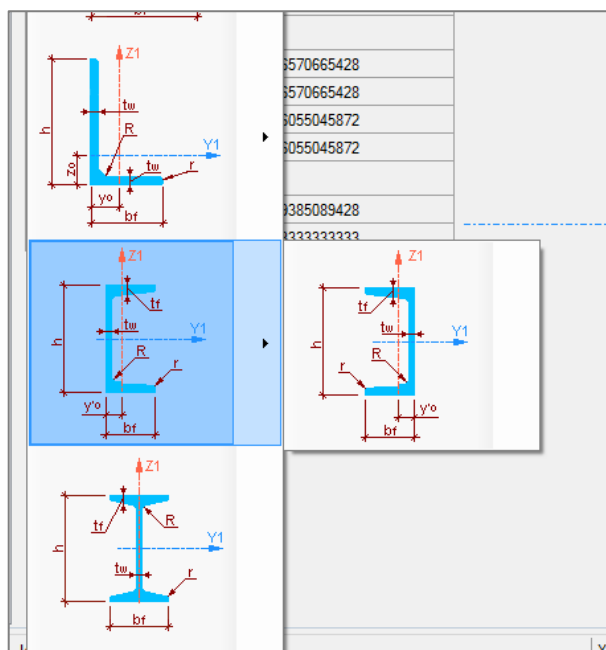


Рис. 9.74. Список спаренных сечений из базового профиля **Прокатный швеллер**

Двутавр из двух швеллеров

Для создания нового сечения **Двутавр из двух прокатных швеллеров** и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.74), щелчком мыши выберите **Спаренные сечения из швеллеров** (рис. 9.75).

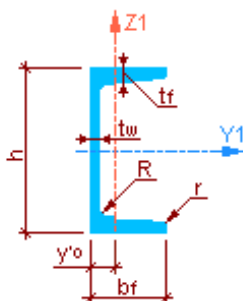


Рис. 9.75. Схема базового профиля **Спаренные сечения из швеллеров**

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

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортаментов** (рис. 9.76).
2. Указать нужный **Профиль**.
3. Установить в необходимое положение переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей спаренного сечения (рис. 9.77).
4. Скорректировать параметры базового профиля:
 - **dy** — расстояние между главными осями Z базовых швеллеров;
 - **dz** — расстояние между главными осями Y базовых швеллеров.
5. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).

6. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.

7. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

Сортамент	ГОСТ 8240 - 72 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок
Профиль	ГОСТ 8240 - 72 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок
dy	ГОСТ 8240 - 97 Швеллеры с параллельными гранями полок
dz	ГОСТ 8240 - 97 Швеллеры с параллельными гранями полок
	ГОСТ 8240 - 97 Швеллеры экономичные с параллельными гранями полок
	ГОСТ 8240 - 97 Швеллеры лёгкой серии с параллельными гранями полок
	ГОСТ 8240 - 97 Швеллеры специальные
	ГОСТ 5267.1 - 90 Швеллеры (В) с уклоном внутренних граней полок
	BS 4-1: 1993 Британские швеллеры СН с уклоном внутренних граней полок
	BS 4-1: 2005 Британские швеллеры PFC с параллельными гранями полок
	Европейские швеллеры U с уклоном внутренних граней полок
	DIN 1026-2: 2002-10 Европейские швеллеры UPE с параллельными гранями полок
	DIN 1026-1: 2000, NF A 45-202: 1986 Европейские швеллеры UPN с уклоном внутренних граней
	ASTM A 6/A 6M - 12 Американские швеллеры С с уклоном внутренних граней полок
MM	ASTM A 6/A 6M - 12 Американские швеллеры MC с уклоном внутренних граней полок

Рис. 9.76. Сортамент швеллеров

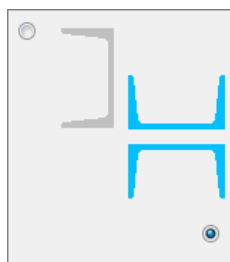



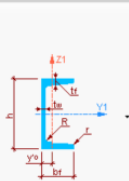
Рис. 9.77. Переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей


 Редактировать значения dz и dy можно нажатием сочетания клавиш **CTRL + пробел**, после чего откроется список параметров сечения (рис. 9.78).

bf	Ширина пояса
yo	Привязка центра тяжести к внешней грани стенки
h	Высота сечения
r	Радиус
R	Радиус сопряжения стенки и пояса
tf	Толщина пояса
tw	Толщина стенки

Рис. 9.78. Список параметров сечения

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составного двутавра из двух прокатных швеллеров (рис. 9.79).





Базовый профиль	
Сортамент	ГОСТ 8240 - 72 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок
Профиль	10
dy	2 * y0+1
dz	
y0 = 1,44 см	

Учет коррозии

Равномерная
 в миллиметрах 0 мм
 в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах
полка 0 мм
стенка 0 мм

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw	tf
Минимум	5	3.2	0.44	0.7
Максимум	20	11.5	0.8	1.35

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	21.887
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	347.72
Iz1, см ⁴	122.87
Ix1, см ⁴	3.837
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.1019
Y1-, см	-1.0996
Z1+, см	3.1774
Z1-, см	-3.1774
Срезные площади	
Fz, см ²	8.7752
Fy, см ²	13.48

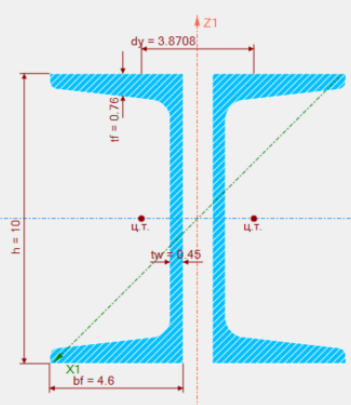


Рис. 9.797. Окно параметров сечения Двутавр из двух швеллеров

Коробка из двух швеллеров

Для создания нового сечения **Коробка из двух прокатных швеллеров** и доступа к его параметрам в **Редакторе сечений/жесткостей** перейдите в **Стальные** ⇒ **Спаренные сечения**. При щелчке мышью на схеме профиля отображается раскрывающееся меню (рис. 9.74). Выберите в нем элемент **Спаренные сечения из швеллеров** и необходимую ориентацию базового профиля относительно главных осей ZoY .

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

1. Выбрать требуемый сортамент из **Таблицы сортаментов** (рис. 9.76).
2. Указать нужный **Профиль**.
3. Установить переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей спаренного сечения в необходимое положение (рис. 9.80).
4. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
5. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора**, выбрав при этом минимальные и максимальные значения из таблицы.
6. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

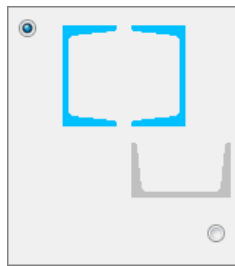


Рис. 9.80. Переключатель расположения базовых швеллеров относительно главных осей

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двух прокатных швеллеров (рис. 9.81).

Базовый профиль

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

Профиль: 10

dy: $2 \cdot (bf - y_0)$

dz: _____

$y_0 = 1.44$ см

Учёт коррозии

Глубина коррозии в миллиметрах

по наружной поверхности: 0 мм

по внутренней поверхности: 0 мм

Глубина коррозии в процентах

процент коррозионного износа: 0 %

соотношение между коррозией внутри и снаружи: 0

Использовать ограничения подбора

	h	bf	tw	tf
Минимум	5	3.2	0.44	0.7
Максимум	20	11.5	0.8	1.35

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	21.887
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	347.72
Iz1, см ⁴	260.08
Ix1, см ⁴	411.3
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2.5832
Y1-, см	-2.5832
Z1+, см	3.1774
Z1-, см	-3.1774
Срезные площади	
Fz, см ²	8.7752
Fy, см ²	13.761

Рис. 9.81.8 Окно параметров сечения **Коробка из двух швеллеров**

9.5.4 Составные сечения

Двутавр / швеллер + два уголка и лист

Для создания нового составного сечения из двутавра / швеллера + два уголка и лист и доступа к его параметрам в редакторе сечений / жесткостей перейдите в **Стальные** ⇨ **Составные сечения** (рис. 9.82).

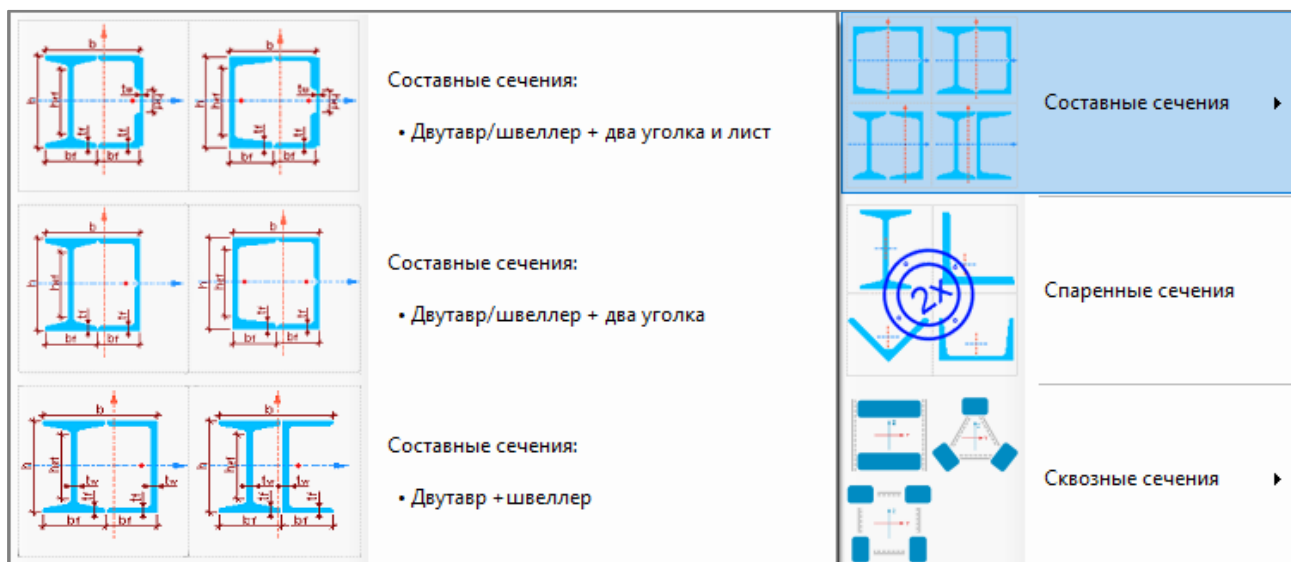


Рис. 9.82. Список составных сечений

В окне параметров сечения **Двутавр / швеллер + два уголка и лист** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

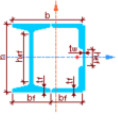
1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** для двутавра/швеллера.
2. Указать нужный **Профиль** двутавра / швеллера.
3. Задать **Толщину листа**.
4. Задать **Поворот** сечения.
5. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** для уголка.
6. Указать нужный **Профиль** уголка.
7. Если уголок неравнополочный, то выбрать его **Ориентацию**.
8. Задать **Параметры подбора** для листа.
9. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора** и задать соответствующие параметры.
10. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.
11. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
12. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двутавра / швеллера + два уголка и лист (рис. 9.83).

Стальные сечения стержней : : [5Y + 2L 20 x 20 x 3 + 1

Имя Описание

[5Y + 2L 20 x 20 x 3 + 1

	Схема профиля	Сортамент	ГОСТ 8239 - 72* Двутавр с уклоном внутренних граней полок
	Профиль	10	
	Лист	tw, см	0.2
	Ориентация уголка	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Поворот <input type="checkbox"/>
	Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные	
	Профиль	30 x 30 x 5	
	Параметры подбора	two : ; ; twp	

Использовать ограничения подбора Максимальная высота сечения 0 см Максимальная ширина сечения 0 см

Учитывать при расчете влияние сдвига

Учет коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	19.48
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	309.25
Iz1, см ⁴	142.94
Ix1, см ⁴	317.66
Ядровые расстояния	
Y1+, см	1.5599
Y1-, см	-1.8362
Z1+, см	3.175
Z1-, см	-3.175
Срезные площади	
Fz, см ²	8.6792
Fy, см ²	10.588
Секториальный момент инерции	
Iω, см ⁶	409.15
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	36.619
Sz, см ³	23.698
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	6.4228
Ω2, см ²	4.115

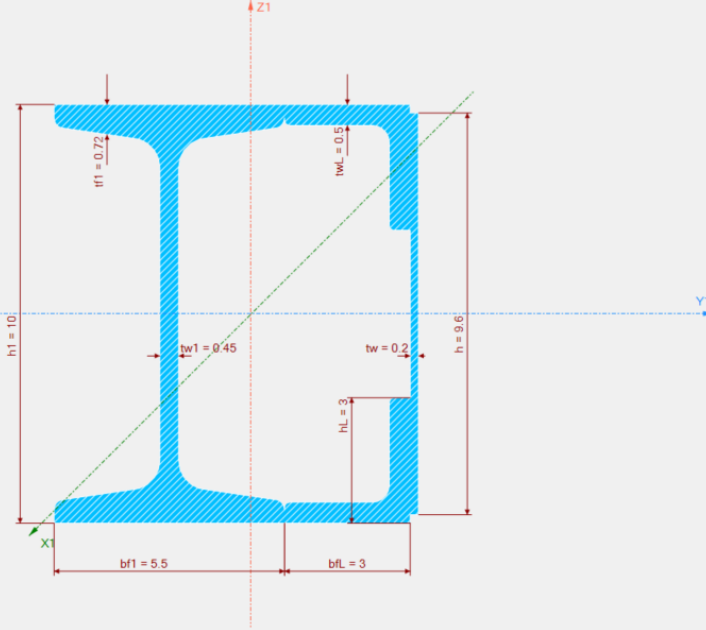


Рис. 9.83. Окно параметров сечения Двутавр / швеллер + два уголка и лист

Двутавр / швеллер + два уголка

Для создания нового составного сечения из двутавра / швеллера + два уголка и доступа к его параметрам в редакторе сечений / жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Составные сечения** (рис. 9.82).

В окне параметров сечения **Двутавр / швеллер + два уголка** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортамент из **Таблицы сортаментов** для двутавра / швеллера.
2. Указать нужный **Профиль** двутавра / швеллера.
3. Задать **Поворот** сечения.
4. Выбрать требуемый сортамент из **Таблицы сортаментов** для уголка.
5. Указать нужный **Профиль** уголка.
6. Если уголок неравнополочный, то выбрать его **Ориентацию**.
7. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.

8. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора** и задать соответствующие параметры.

9. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).

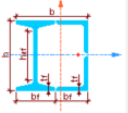

10. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двутавра / швеллера + два уголка (рис. 9.84).

Стальные сечения стержней : I10 + 2L 50 x 50 x 3

Имя Описание

I10 + 2L 50 x 50 x 3

Схема профиля	Сортамент	ГОСТ 8239 - 72* Двутавр с уклоном внутренних граней полок
	Профиль	10
	Ориентация уголка	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Поворот 
	Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячекатаные равнополочные
	Профиль	50 x 50 x 3
<input type="checkbox"/> Учитывать при расчете влияние сдвига		

Использовать ограничения подбора Максимальная высота сечения 0 см Максимальная ширина сечения 0 см

Учёт коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	17.97
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	292.09
Iz1, см ⁴	195.48
Ix1, см ⁴	368.14
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2.2325
Y1-, см	-1.933
Z1+, см	3.2509
Z1-, см	-3.2509
Срезные площади	
Fz, см ²	6.9392
Fy, см ²	10.648
Секториальный момент инерции	
Iω, см ⁶	108.81
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	33.869
Sz, см ³	25.638
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	4.0886
Ω2, см ²	1.84

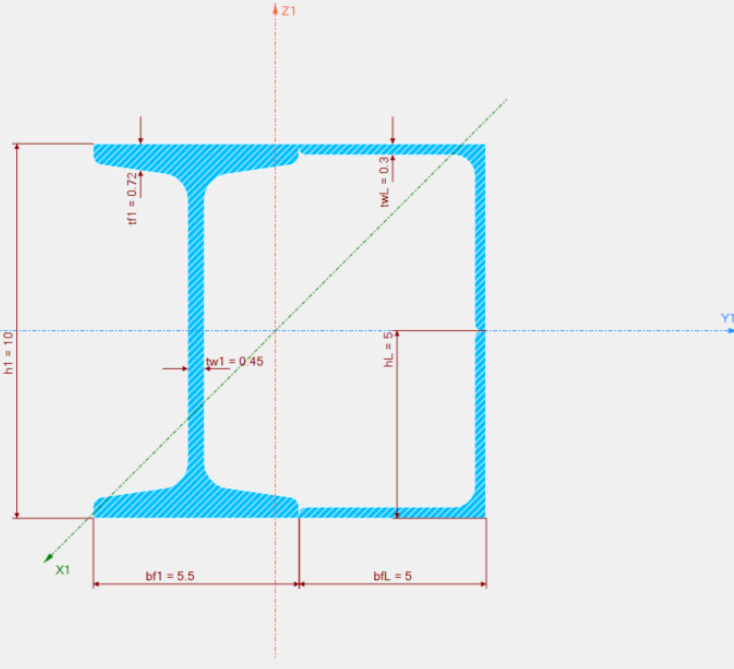


Рис. 9.84. Окно параметров сечения Двутавр/швеллер + два уголка

Двутавр + швеллер

Для создания нового составного сечения из двутавра и швеллера и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Составные сечения** (рис. 9.82).

В окне параметров сечения **Двутавр + швеллер** в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** для двутавра.
2. Указать нужный **Профиль** двутавра.
3. Задать **Ориентацию** швеллера.
4. Задать **Поворот** сечения.
5. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов** для швеллера.
6. Указать нужный **Профиль** швеллера.
7. При необходимости установить флажок **Учитывать при расчете влияние сдвига**.
8. При необходимости установить флажок **Использовать ограничения подбора** и задать соответствующие параметры.
9. При необходимости установить флажок **Учет коррозии**, задав дополнительные характеристики (см. п. 9.9).
10. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами составной коробки из двутавра и швеллера (рис. 9.85).

Стальные сечения стержней : : I10 + [10Y

Имя Описание

I10 + [10Y

Схема профиля	Сортament	ГОСТ 8239 - 72* Двутавр с уклоном внутренних граней полок
	Профиль	10
	Ориентация швеллер:	<input checked="" type="radio"/> I <input type="radio"/> II <input type="radio"/> III Поворот <input type="radio"/> I <input type="radio"/> II
	Сортament	ГОСТ 8240 - 97 Швеллеры с уклоном внутренних граней полок
	Профиль	10Y

Учитывать при расчете влияние сдвига

Использовать ограничения подбора Максимальная высота сечения 0 см Максимальная ширина сечения 0 см

Учет коррозии

Равномерная

в миллиметрах 0 мм

в процентах от площади сечения 0 %

Неравномерная в миллиметрах

полка 0 мм

стенка 0 мм

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	22.9
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	372
Iz1, см ⁴	522.65
Ix1, см ⁴	291.91
Ядровые расстояния	
Y1+, см	4.0962
Y1-, см	-5.0402
Z1+, см	3.2489
Z1-, см	-3.2489
Срезные площади	
Fz, см ²	8.1527
Fy, см ²	15.237
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	726.01
Статический момент полусечения	
Sy, см ³	43.4
Sz, см ³	33.747
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	8.6544
Ω2, см ²	15.378

Рис. 9.85. Окно параметров сечения **Двутавр + швеллер**

9.5.5 Сквозные сечения

Двухветвевые сквозные сечения

Для создания нового двухветвевое сквозное сечения и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Сквозные сечения**, щелчком мыши выберите элемент **Двухветвевые сквозные сечения** (рис. 9.86).

При задании двухветвевое сечения нужно последовательно задать:

- Сечение каждой из ветвей и их разнос (расстояние между ветвями).
- Вид соединительных элементов (решетка или планки). Для решетки выбирается также ее очертание (соответствует таблице 8 [9.11] или таблице 13 [9.8]).
- Для соединительных элементов в виде решетки указать тип решетки — одноплоскостная, двухплоскостная или смешанная.
- Сечение элементов решетки.
- Шаг элементов решетки.
- Сталь для элементов решетки.

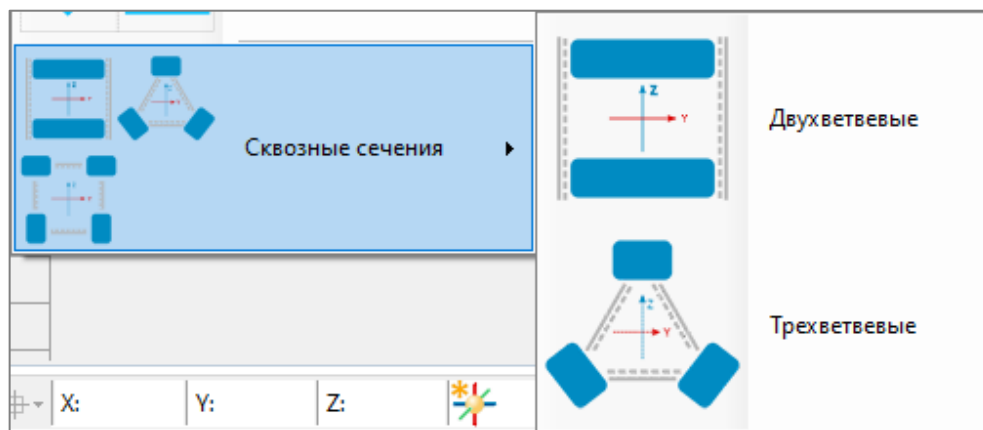


Рис. 9.86.9 Список сквозных сечений

Задание ветвей

1) Сначала задается **Ветвь 1**. При нажатии на схему профиля появляется меню с возможными вариантами профилей и их ориентацией относительно главных осей всего сечения. После выбора типа и ориентации профиля выбирается требуемый **Сортамент** и нужный **Профиль** из этого сортамента.

2) **Ветвь 2** может быть задана как прямая или зеркальная копия ветви 1. Для этого нужно выбрать соответствующий переключатель. Если ветвь 2 отличается от ветви 1, то она задается аналогично ветви 1.

3) Расстояние между ветвями **Bint, см** в данной версии предусмотрено одним из трех вариантов:

- по внутреннему габариту между ветвями;
- по наружному габариту между ветвями;
- между центрами тяжести ветвей.

В закладке **Точки привязки** выбирается один из этих вариантов, после чего в строке **Bint, см** указывается расстояние между ветвями. Для подбора сечения в строке **B₀; ... B_n**;

задаются все варианты значений, которые может принимать расстояние между ветвями. Программа в процессе подбора анализирует все возможные варианты (включая заданный размер в графе **Bint, см**), и выполнит подбор минимального сечения.

Результат задания ветвей показан на рис. 9.87.

Стальные сечения стержней : Двутавр прок. 24 x Коробка прок. 180 x 180 x 6

Имя Описание

Двутавр прок. 24 x Коробка прок. 180 x 180 x 6

Ветви

Ветвь 1		Ветвь 2	
Сортамент	ГОСТ 8239 - 72* Двутавр с уклоном ϵ	Сортамент	ТУ 36 - 2287 - 80 Гнутый сварной зам
Профиль	24	Профиль	180 x 180 x 6
Точки привязки		<input type="radio"/> Копия ветви 1 <input type="radio"/> Зеркальная копия ветви 1 <input checked="" type="radio"/> Задать ветвь 2	
Bint, см	40		

Vo,;Vn

Расчетные свойства сечения	
A, см ²	76.56
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	59207
Iz1, см ⁴	5570
Ix1, см ⁴	3812.8
Ядровые расстояния	
Y1+, см	6.0628
Y1-, см	-6.0628
Z1+, см	25.896
Z1-, см	-31.075
Срезные площади	
Fz, см ²	26.505
Fy, см ²	1.6463
Секториальный момент инерции	
I ω , см ⁶	3.7771E+06
ω 1, см ²	241.62
ω 2, см ²	283.5

Рис. 9.87. Универсальное двухветвевое сечение. Результат задания ветвей

Задание соединительных элементов

1) Сначала с помощью раскрывающегося меню выбирается вид соединительных элементов (решетка или планки), а также очертание решетки (рис. 9.88).

2) Затем в строке **Тип соединения** выбирается тип решетки соединительных элементов: одноплоскостная, двухплоскостная, или смешанная (рис. 9.89). Для планок возможен только двухплоскостной тип соединения.

3) После этого справа на рисунке отображается образец выбранной решетки. Следует отметить, что это просто картинка, показывающая общий вид выбранной решетки. Она не отражает конкретные параметры рассматриваемого сечения — профиль и размер ветвей, расстояние между ними.

4) Далее задаются сечения соединительных элементов — **Раскос** и **Стойка** соединительной решетки или **Планки**. Производится это аналогично заданию ветвей. При нажатии на соответствующую схему профиля появляется меню с доступными вариантами

профилей. После этого выбирается требуемый **Сортамент** и нужный **Профиль** из этого сортамента. При выборе планок из полосовой стали рекомендуется применять сортамент **Планки сквозных сечений** (рис. 9.90).

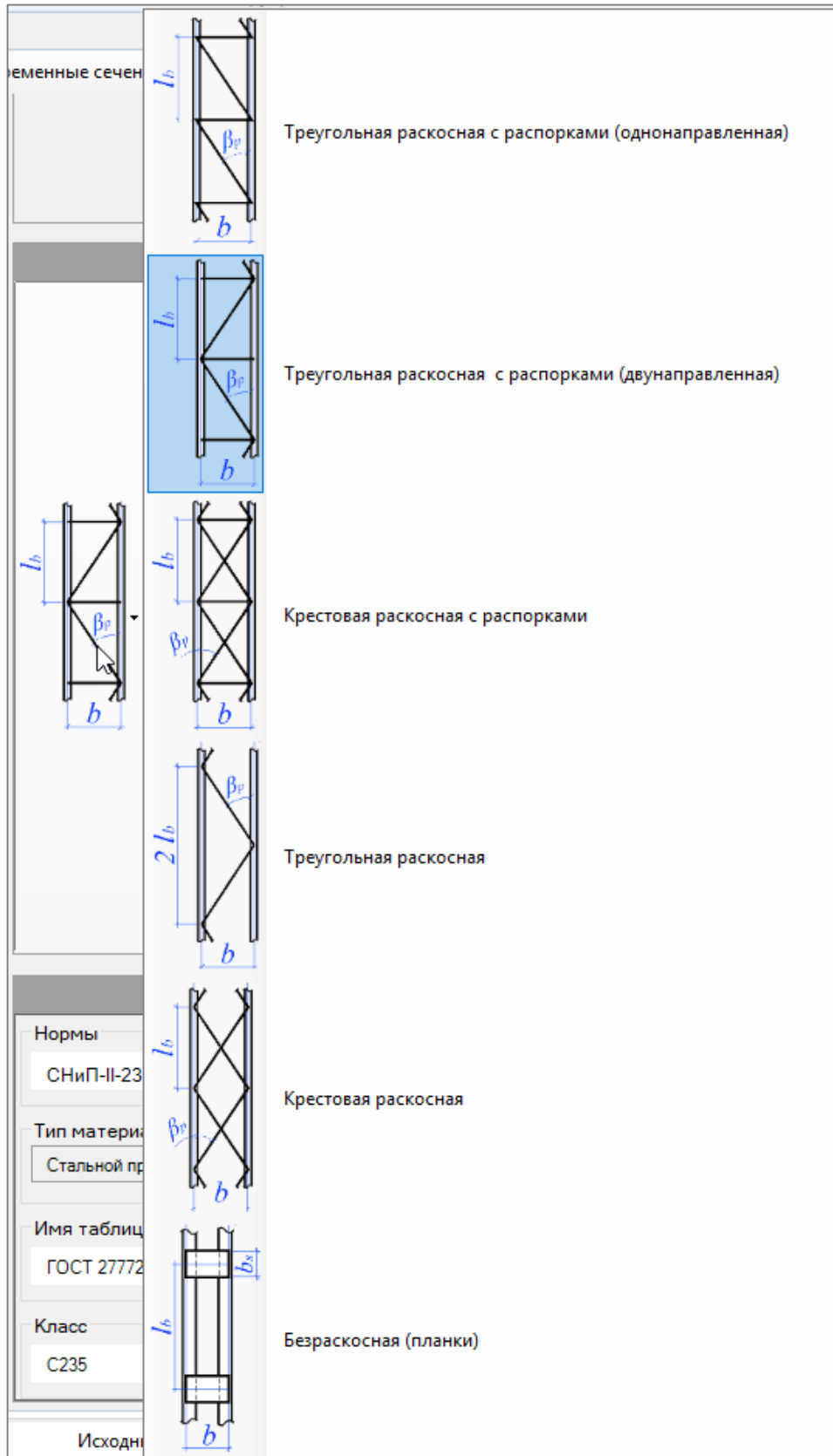


Рис. 9.88. Выбор вида и очертания соединительных элементов

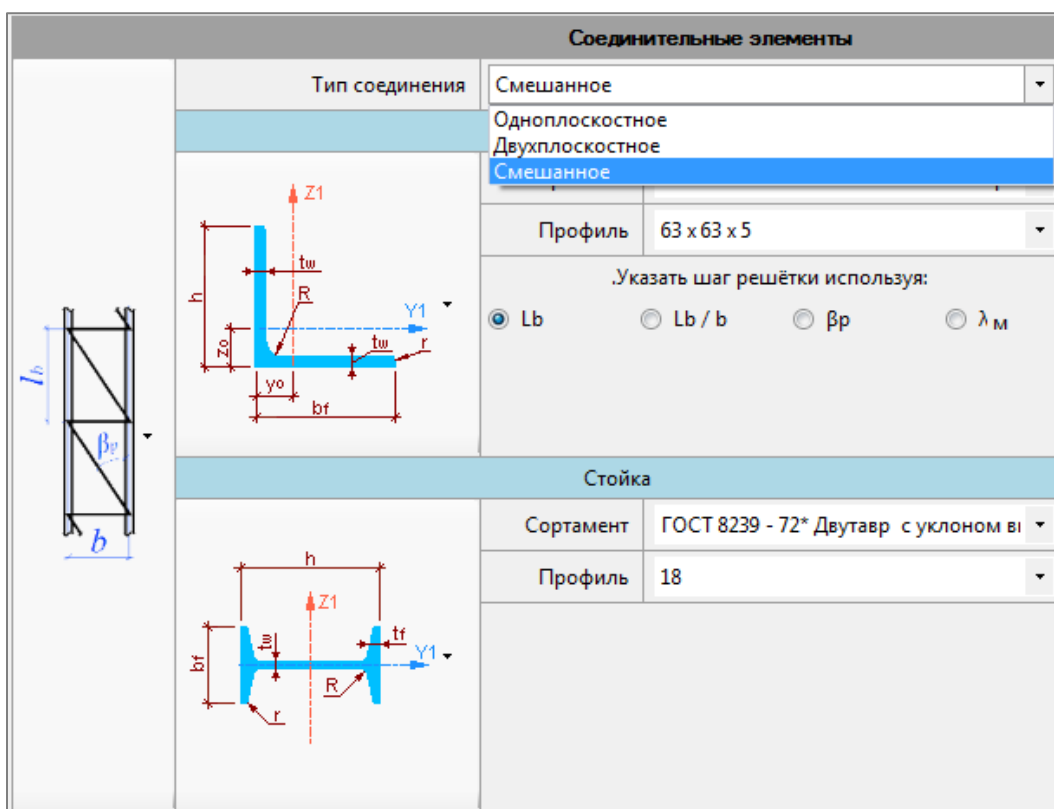


Рис. 9.89. Выбор типа соединения ветвей двухветвевое сечения

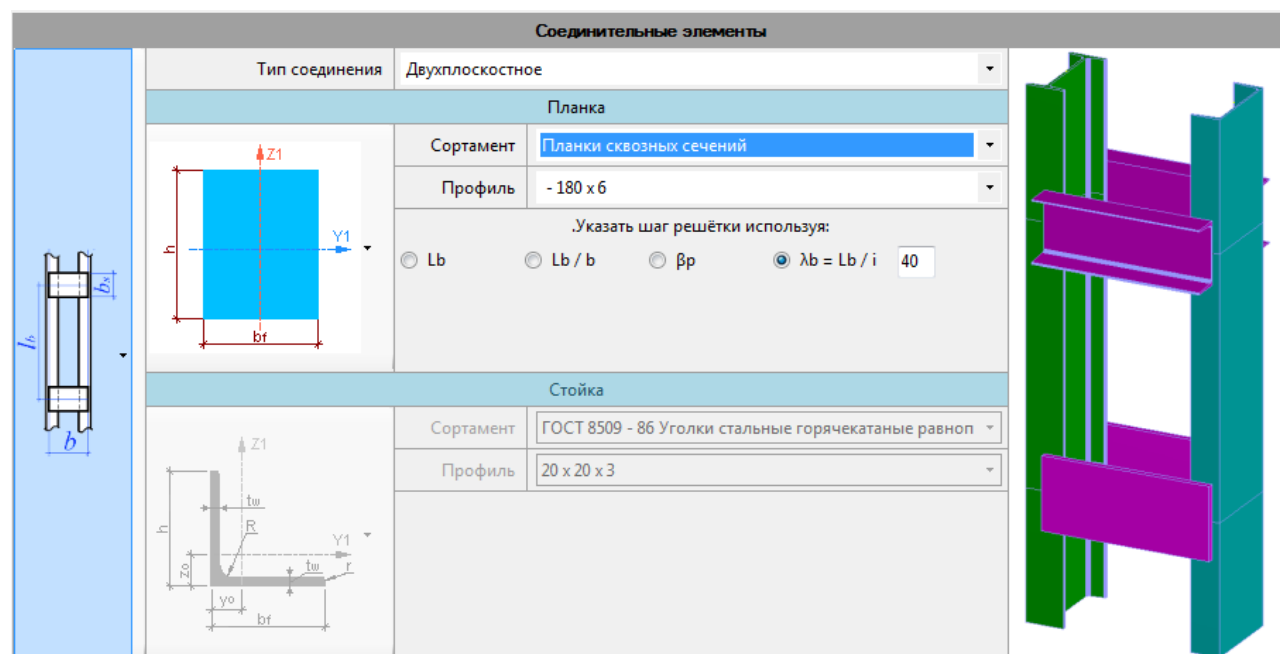


Рис. 9.90.10 Задание планок из полосы

5) Далее следует задать шаг соединительных элементов l_b . В программе предусмотрена возможность задания шага различными способами:

Для соединительных элементов **в виде решетки** можно:

- Задать непосредственно размер l_b , используя переключатель **Lb**. В этом случае при подборе элемента данный размер изменяться не будет.


- Задать угол наклона раскоса решетки к ветви β_p (в градусах) с помощью переключателя β_p или задать отношение размера l_b к расстоянию между осями ветвей b (тангенс угла β_p) с помощью переключателя Lb / b . В этом случае в режиме подбора при изменении расстояния между осями ветвей, соответственно, изменяется и шаг решетки.
- Задать допустимую гибкость ветви λ_b с помощью переключателя $\lambda_b = Lb / i$. Здесь можно руководствоваться указаниями п. 5.6 СНиП II-23-81*, п. 7.2.4 СП 16.13330-2017 или п. 8.2.4 ДБН В.2.6-198:2014. В этом случае при подборе шаг решетки будет меняться только при изменении профиля ветви.

Во всех случаях наклон решетки ограничивается условием $20^\circ \leq \beta_p \leq 70^\circ$.

Для соединительных элементов **в виде планок** можно:

- Задать непосредственно размер l_b , используя переключатель Lb . В этом случае при подборе элемента этот размер изменяться не будет.
- Задать допустимую гибкость ветви λ_b с помощью переключателя $\lambda_b = Lb / i$. Здесь можно руководствоваться указаниями п. 5.7 СНиП II-23-81*, п. 7.2.3 СП 16.13330-2017 или п. 8.2.3 ДБН В.2.6-198:2014. В этом случае при подборе шаг планок будет меняться при изменении профиля ветви.

б) При задании универсального двухветвевое сечения в редакторе сечений задается сталь для соединительных элементов.

 При этом сталь для ветвей задается традиционным способом: **Редакторы и конструирование** \Leftrightarrow **Редактор материалов** и назначается через **Редакторы и конструирование** \Leftrightarrow **Назначить сечение, материал, конструирование**. Сделано это для того, чтобы стали для ветвей и для соединительных элементов могли быть различными.

Для задания стали для соединительных элементов нужно в списке **Нормы** выбрать соответствующий нормативный документ по расчету стальных конструкций, в списке **Имя таблицы** выбрать нормативный документ на сталь и в списке **Марка стали** выбрать конкретный класс или марку стали (рис. 9.91). Программа не анализирует допустимость применения выбранной стали для конкретной рассчитываемой конструкции по табл. 50* СНиП II-23-81*, табл. В.1 СП 16.13330-2017 или табл. Г.1 ДБН В.2.6-198:2014. Если в нормах указаны прочностные характеристики стали, то расчет будет выполняться.

После ввода всех необходимых данных программа производит окончательный расчет геометрических характеристик созданного сечения, включая крутильные и секториальные характеристики.

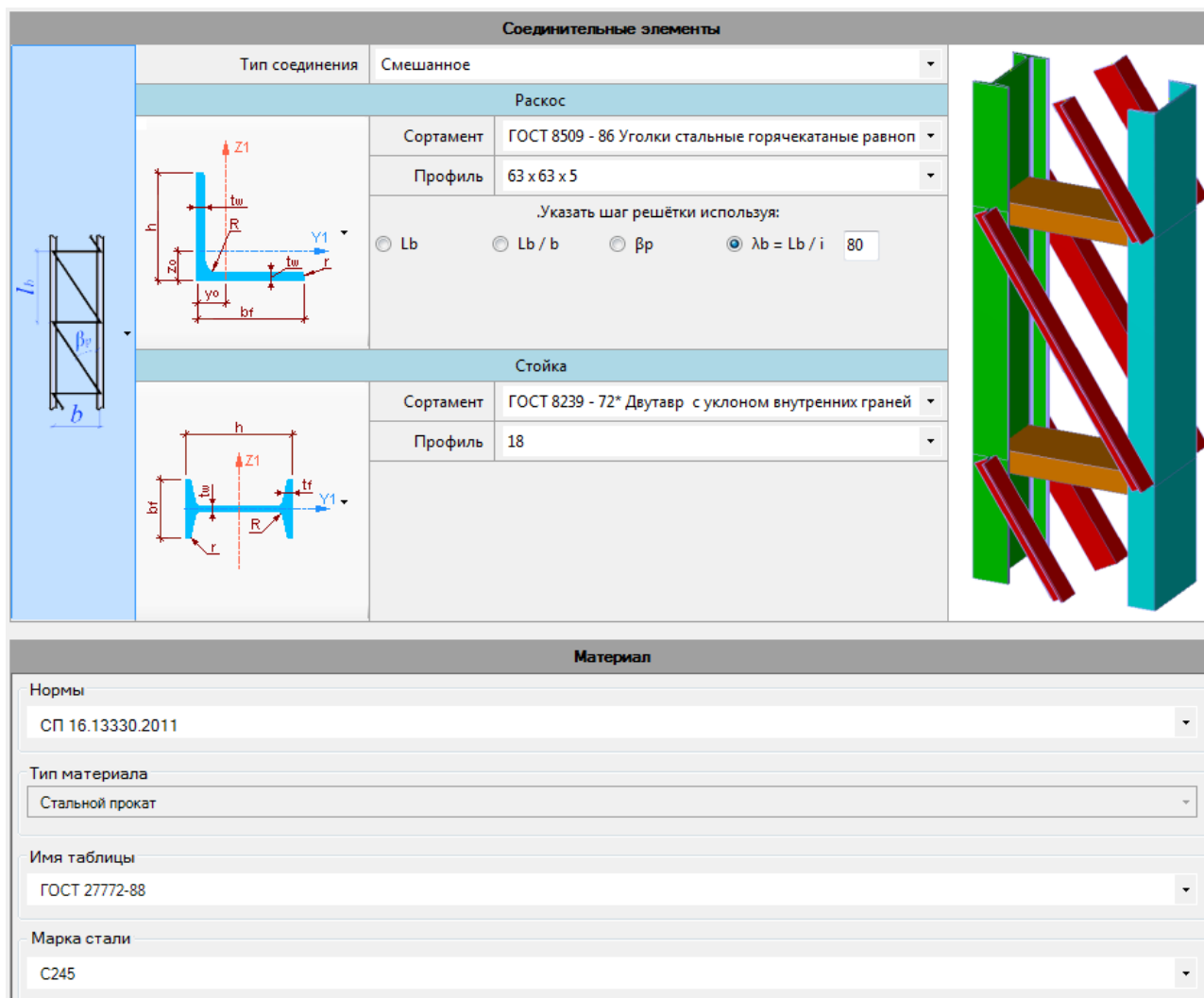


Рис. 9.91.11 Результат задания соединительных элементов

Трёхветвевые сквозные сечения

Для создания нового трёхветвевого сквозного сечения и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей перейдите в **Стальные** ⇒ **Сквозные сечения**, щелчком мыши выберите элемент **Трёхветвевые сквозные сечения** (рис. 9.86).

При задании трёхветвевое сечения следует задать:

- Сечение ветвей и расстояние между ними.
- Вид соединительных элементов (решетка или планки). Для решетки выбирается также ее очертание (соответствует таблице 8 [9.11] или таблице 13 [9.8]).
- Сечение элементов решетки.
- Шаг элементов решетки.
- Сталь для элементов решетки.
- Геометрические размеры и профили, входящие в состав трёхветвевое сечения.

Задание сечения

1) Выбирается требуемый тип (решётка или планки) и очертание решётки трёхветвевое сечения (рис. 9.92). Если расстояние между ветвями $b > 600$ мм, следует

отдавать предпочтение соединительным элементам в виде геометрически неизменяемой решётки.


2) Далее задаются ветви. Для этого выбирается требуемый вид сечения ветви. Затем выбирается сортамент и профиль из этого сортамента. Для ветвей из двутавров или уголков выбирается поворот, указывающий ориентацию профиля ветви в составе трёхветвевое сечения. Затем выбирается расстояние между ветвями одним из предлагаемых программой способов.

Профили

Ветви		Раскос		Распорка	
Сечение	I Двутавр с параллельными гранями г	Сечение	L Уголок равнополочный	Сечение	● Круг
Сортамент	ГОСТ Р 57837-2017 Балочные нормальны	Сортамент	ГОСТ 8509 - 86 Уголки стальные горячека	Сортамент	ГОСТ 2590-88, ТУ 14-136-347-2001 Круг - п
Профиль	10Б1	Профиль	45 x 45 x 5	Профиль	16

Геометрические характеристики

b, см	h, см	B, см	H, см	D, см	b1, см	h1, см	h2, см	c1, см
32	27.71281	41.76314	36.16794	36.95042	22.23686	9.237604	18.47521	27
Lb, см		Lb/b		Вр, °		λb = Lb / i		
50		1.563		32.6192		40.94		

Поворот: 

Материал (Решетка): C245

A, см ²	Моменты инерции			Ядровые расстояния				Срезные площади	
	Iy1, см ⁴	Iz1, см ⁴	Ix1, см ⁴	Y1+, см	Y1-, см	Z1+, см	Z1-, см	Fy, см ²	Fz, см ²
30.96	5564.235	5564.235	632.244	11.23271	-11.23271	19.45562	-9.727812	21942.86	21954.48

Схема профиля

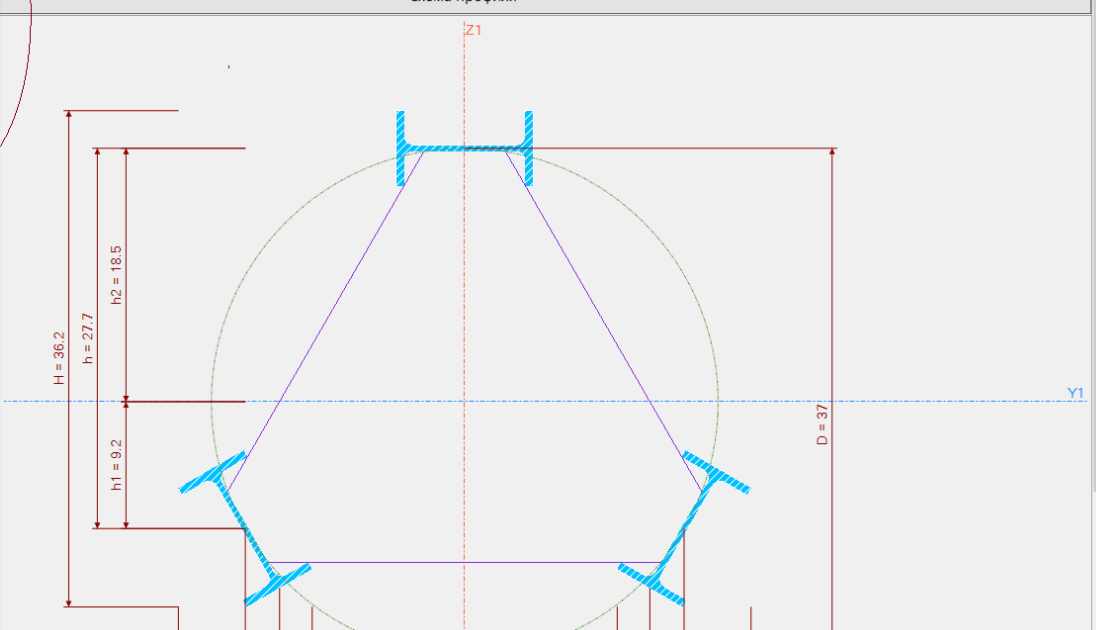



Рис. 9.92. Окно параметров трёхветвевое сечения

3) Соединительные элементы задаются аналогично поясам. В зависимости от принятого типа решётки задаётся сортамент, сечение и профиль элементов решётки (раскосов и распорок или планок). При выборе планок из полосовой стали рекомендуется применять сортамент **Планки сквозных сечений**. Здесь же задаётся материал для соединительных элементов.

 При этом сталь для ветвей задается традиционным способом: **Редакторы и конструирование** ⇒ **Редактор материалов** и назначается через **Редакторы и конструирование** ⇒ **Назначить сечение, материал, конструирование**. Сделано это для того, чтобы стали для ветвей и для соединительных элементов могли быть различными.

4) Далее задаётся расстояние между узлами решётки или шаг планок одним из предлагаемых программой способов.

9.5.6 Стальные переменные сечения

Задание переменного сечения производится через меню редактора сечений/жёсткостей, закладка **Переменные**. Доступны для расчёта сварные двутавровые сечения (симметричные или несимметричные) и сварные коробки (рис. 9.93).

Для задания переменного сечения необходимо указать размеры сечения в начале и в конце элемента (аналогично элементам постоянного сечения). Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией. При этом допускается и даже рекомендуется для повышения точности расчёта выполнять дробление таких элементов на несколько частей. Размеры и жёсткости промежуточных элементов, возникающих в результате дробления, вычисляются внутрпрограммно. Такие элементы можно объединять в конструктивные элементы.

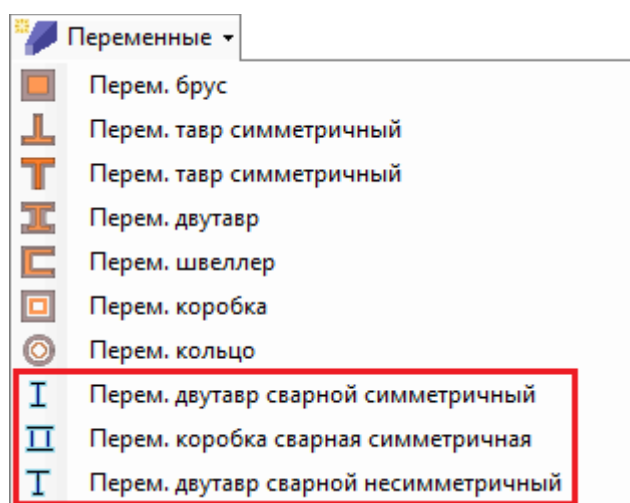


Рис. 9.93. Доступные сечения для элементов переменной жёсткости

Стальные - ЛСТК - Переменные - Специальные - Редактор базы данных - Импорт сечений

Переменного сечения: Перем. двутавр сварной симметричный: 133 x 20 / 133 x 20

Имя: 133 x 20 / 133 x 20

Описание:

Сечение в начале стержня

Схема профиля	Полка			Стенка		
	bf, см	tf, см	dz, см	hw, см	tw, см	dy, см
	32	1,4	hw + tf	98,3	1	0

Параметры подбора

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

Учитывать при расчете влияние сдвига

Расчетные свойства сечения

A, см ²	187,9
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	3.0183E+05
Iz1, см ⁴	7654,1
Ix1, см ⁴	91,305
Ядровые расстояния	
Y1+, см	2,5459
Y1-, см	-2,5459
Z1+, см	31,777
Z1-, см	-31,777
Срезные площади	
Fz, см ²	98,988
Fy, см ²	74,667
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	1,9E+07
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	797,6

Сечение в конце стержня

Схема профиля	Полка			Стенка		
	bf, см	tf, см	dz, см	hw, см	tw, см	dy, см
	32	1,4	hw + tf	37,956	1	0

Параметры подбора

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

Учитывать при расчете влияние сдвига

Расчетные свойства сечения

A, см ²	127,56
Моменты инерции	
Iy1, см ⁴	39267
Iz1, см ⁴	7649
Ix1, см ⁴	71,191
Ядровые расстояния	
Y1+, см	3,7479
Y1-, см	-3,7479
Z1+, см	15,106
Z1-, см	-15,106
Срезные площади	
Fz, см ²	40,375
Fy, см ²	74,667
Секториальный момент инерции	
Iw, см ⁶	2,9607E+06
Секториальная площадь	
Ω1, см ²	314,85

Рис. 9.94. Окно параметров сечения **Переменный двутавр сварной симметричный**

9.5.7 Специальные сечения

Плетеный канат

Для создания нового сечения **Плетеный канат** (рис. 9.95) и доступа к его параметрам в редакторе сечений/жесткостей щелкните на кнопке **Специальные** и выберите из раскрывающегося списка (рис. 9.96) элемент **Плетеный канат**.

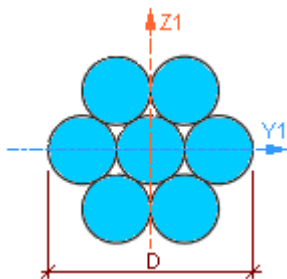


Рис. 9.95. Схема профиля Плетеный канат

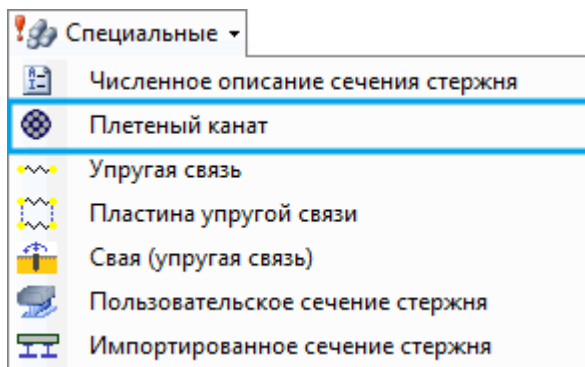


Рис. 9.96. Список специальных сечений

В окне параметров сечения **Плетеный канат** (рис. 9.97) в соответствующих доступных полях ввода необходимо:

1. Выбрать требуемый сортament из **Таблицы сортamentов**.
2. Выбрать необходимую **Маркировочную группу**.
3. Указать нужный **Профиль**.
4. Задать **Коэффициент температурного расширения**.
5. Скорректировать поля **Имя** и **Описание**.

После внесения изменений в характеристики сечения выводится схематический эскиз и обновляется таблица с расчетными свойствами плетеного каната (рис. 9.97).

Специальные сечения : Плетеный канат : 2.2

Имя: Плетеный канат 2.2
 Описание: Плетеный канат 2.2

Регион: RUS
 Таблица сортamentов: Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1x7 (1+6) по ГОСТ 3062-
 Маркировочная группа: 1370
 Профиль: 2.2

Схема профиля

Расчетные характеристики сечения										
A, см ²	m, тс/м	Моменты инерции, см ⁴		Ядровые расстояния, см				Модуль упругости, тс/м ²	Разрывное усилие, тс	Коэффициент температурного расширения
		Iy1	Iz1	Y1+	Y1-	Z1+	Z1-			
0.02750	0	0.00001	0.00001	0.00285	0.00285	0.00285	0.00285	1.7029E+07	0.35330	1.2E-05

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

Рис. 9.97. Окно параметров сечения Плетеный канат

9.6 РЕДАКТОР БАЗЫ ДАННЫХ СТАЛЬНОГО ПРОКАТА

В ПК ЛИРА 10 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** (рис. 9.99) щелкните на кнопке **Редактор базы данных** в окне **Редактора сечений/жесткостей** (рис. 9.98).

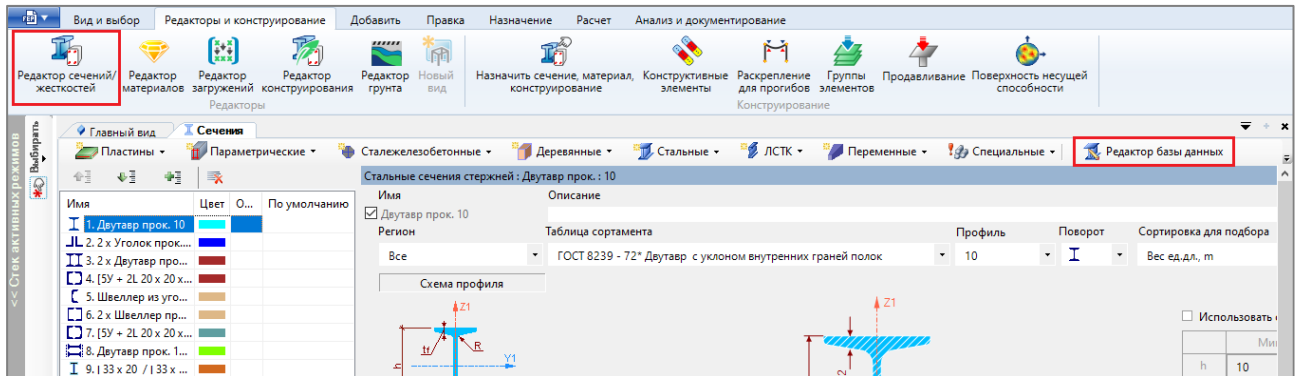


Рис. 9.98. Вызов редактора базы данных стального проката

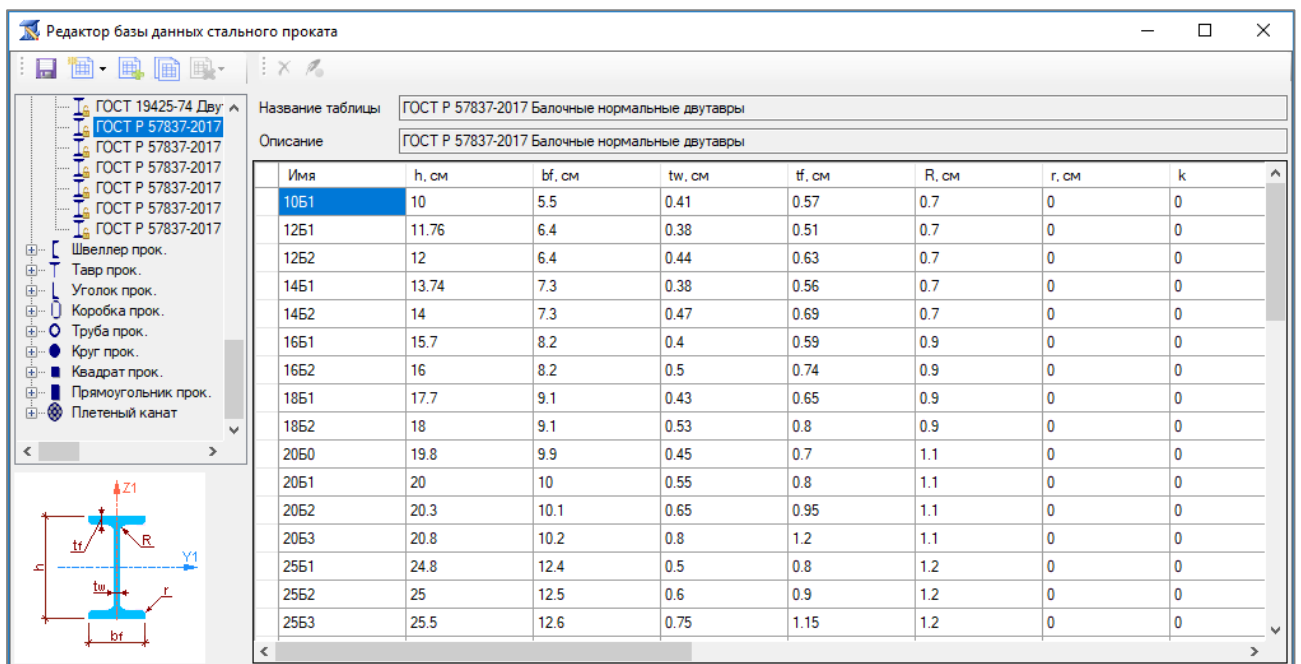










Рис. 9.99. Редактор базы данных стального проката

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

- **Сохранить таблицу** (кнопка .
- **Создать таблицу** (кнопка .
- **Добавить таблицу** (кнопка .

- Копировать таблицу (кнопка .
- Исключить или удалить таблицу (кнопка .
- Удалить строки (кнопка .
- Расчет выделенных строк (кнопка .

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 (рис. 9.99).

Для создания новой таблицы пользовательского сортамента необходимо воспользоваться кнопкой  (**Создать таблицу**), далее из раскрывающегося списка (рис. 9.100) выбрать необходимый тип сортамента.

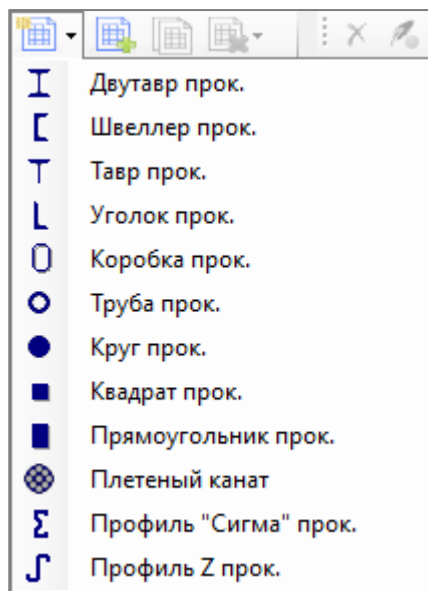



Рис. 9.100. Список типов сортаментов **Создать таблицу**

В диалоговом окне **Создать таблицу** (рис. 9.101) необходимо:

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

Для сохранения новых данных, занесенных в пользовательскую таблицу сортаментов, необходимо воспользоваться кнопкой  (**Сохранить таблицу**), после чего система выдаст сообщение об успешной операции сохранения данных.




В ПК ЛИРА 10 предусмотрена возможность добавления внешних таблиц сортаментов в формате *.xml. Для добавления новой таблицы сортаментов необходимо воспользоваться кнопкой  (**Добавить таблицу**), после чего будет выведено диалоговое окно, в котором необходимо указать путь к нужному файлу сортамента.

Рис. 9.101. Диалоговое окно **Создать таблицу**

 В ПК ЛИРА 10 предусмотрен стандартный список сортаментов, редактирование которых запрещено, они помечены пиктограммой с изображением замка. Для редактирования или создания пользовательского сортамента, подобного стандартному, необходимо создать копию нужной таблицы.

Для создания копии таблицы сортамента нужно сначала выбрать необходимую таблицу сортамента, а затем воспользоваться кнопкой  (**Копировать таблицу**). В раскрывшемся диалоговом окне **Копировать таблицу** (рис. 9.102) отредактируйте поля **Имя файла**, **Название таблицы** и **Описание**, а также укажите необходимый **Регион**.

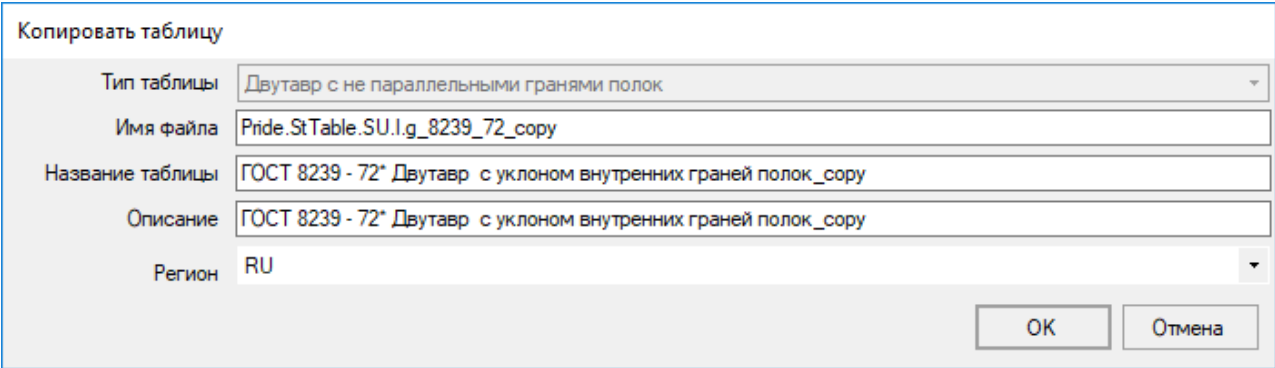



Рис. 9.102.12 Диалоговое окно **Копировать таблицу**

Если необходимо исключить выбранную таблицу из списков сортаментов ПК ЛИРА 10 или полностью удалить таблицу пользовательского сортамента с жесткого диска, воспользуйтесь кнопкой  (**Исключить или удалить таблицу**), а затем в раскрывающемся списке (рис. 9.103) выберите требуемое действие.

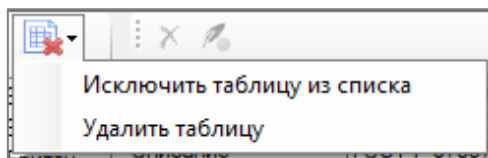




Рис. 9.103. Раскрывающееся меню **Исключить или удалить таблицу**

Для удаления записей из таблицы пользовательского сортамента выделите необходимую строку и нажмите кнопку  (**Удалить строки**).

В таблицах пользовательского сортамента (рис. 9.99) ячейки с геометрическими характеристиками сечения (задаются пользователем) имеют белый фон, а с расчетными (заполняются внутрпрограммно и не подлежат корректировке) — темно-серый.

Для выполнения расчета характеристик заданного сечения выделите необходимые строки в таблице и воспользуйтесь кнопкой  (**Расчет выделенных строк**). В случае некорректно заданных геометрических параметров система выдаст сообщение об ошибке и предложит пользователю возможные варианты решения возникшей проблемы (рис. 9.104).

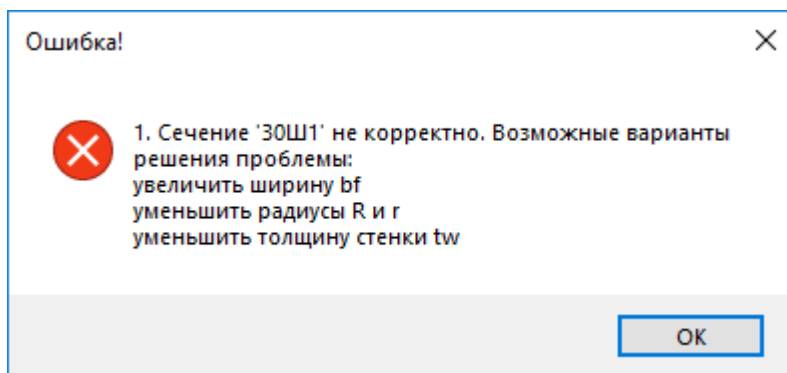


Рис. 9.104. Сообщение об ошибке

Внимание! При наличии уклона внутренних граней полки k прокатных двутавров и швеллеров нужно обращать внимание на правильность задания толщины полки (рис. 9.105).

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

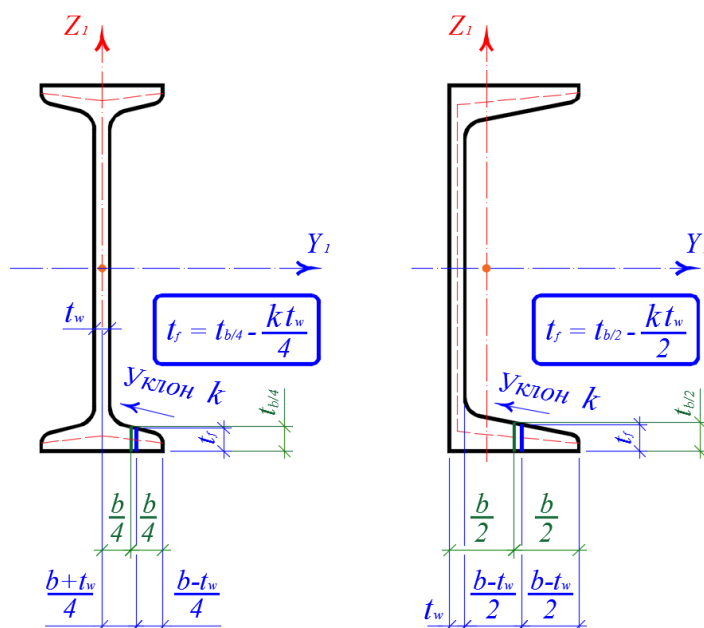



Рис. 9.105. Уточненная толщина полки

9.7 ЗАДАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ

9.7.1 Типы сечений по конструированию

Чтобы вызвать **Редактор параметров конструирования**, воспользуйтесь командой **Редакторы** ⇒ **Редактор конструирования** либо одноименной командой на вкладке ленты **Редакторы и конструирование**, либо кнопкой  на панели инструментов. Затем в окне редактора щелкните на кнопке **Стальные конструкции** и выберите нужную топологию сечений (рис. 9.106 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

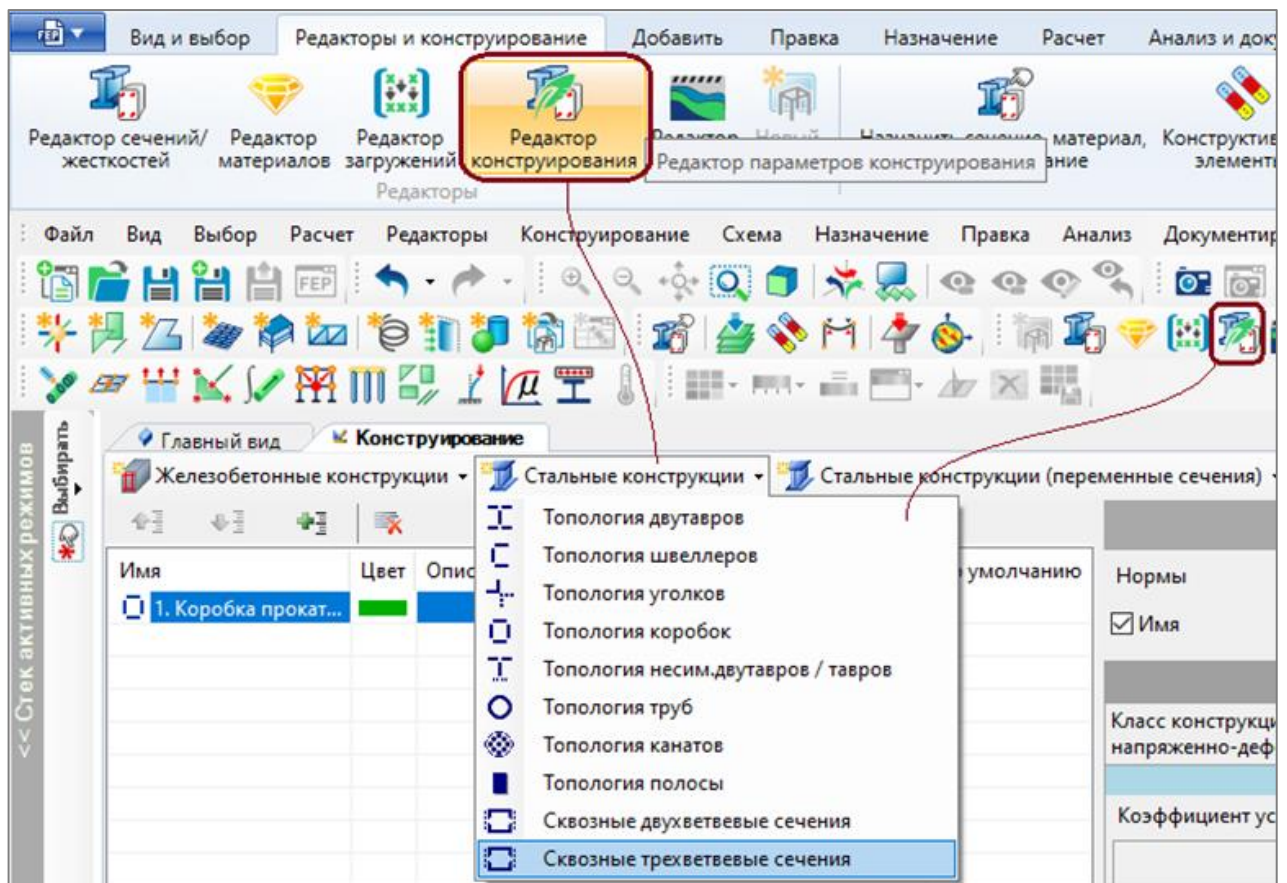





Рис. 9.106. Вызов редактора конструирования стальных конструкций

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 чем выдается 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 четырех 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. Сквозные двухветвевые сечения .

10. Сквозные трёхветвевые сечения .

11. Стальные переменные сечения (рис. 9.107).

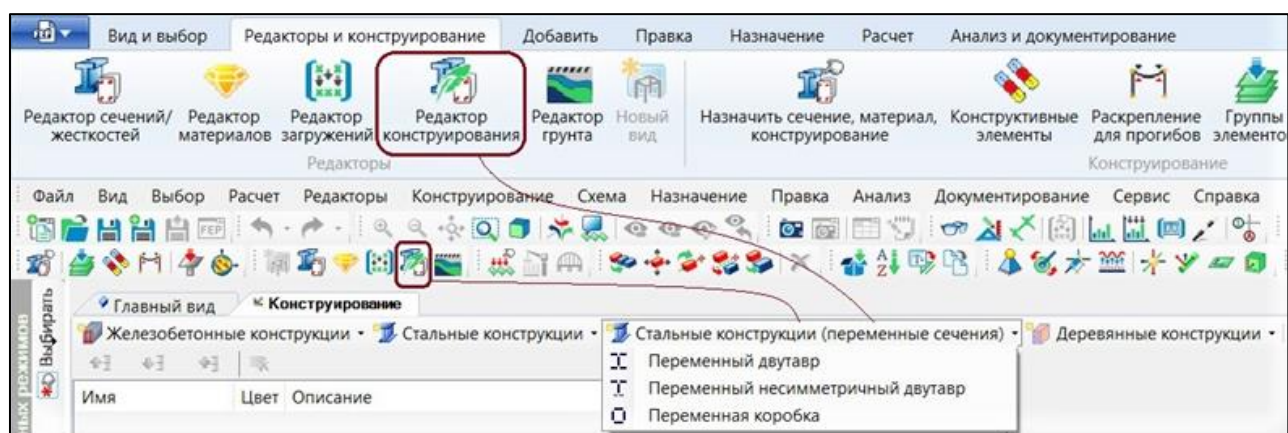


Рис. 9.107. Вызов редактора конструирования стальных конструкций переменного сечения

9.7.2 Исходные данные для конструирования

ст. стержень

Нормы
СП 16.13330.2017

Имя _____ Описание _____

Топология двутавров

Первое предельное состояние

Коэффициент надежности по ответственности: γ_n 1

Класс конструкции по виду напряженно-деформированного состояния: 1 НДС

Зона чистого изгиба

Прочность	Устойчивость
Коэффициент условий работы: γ_c 1	Коэффициент условий работы: γ_c 1
Выбрать γ_c	Выбрать γ_c
<input type="checkbox"/> Наличие ослаблений в стенке при проверке по касательным напряжениям	Расчетная длина относительно Y1
Шаг отверстий: S м	<input checked="" type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_y 1
Диаметр отверстий: d м	<input type="radio"/> Расчетная длина: L_{efy} 1 м
<input type="checkbox"/> Локальные напряжения: σ_{loc} тс/м ²	Определение расчетной длины колонн относительно Y1
Местная устойчивость	Расчетная длина относительно Z1
<input type="checkbox"/> Наличие ребер жесткости	<input checked="" type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_z 1
Шаг α <input checked="" type="radio"/> 1.5 м	<input type="radio"/> Расчетная длина: L_{efz} 1 м
α / h_w <input type="radio"/> 2.5	Определение расчетной длины колонн относительно Z1
<input type="checkbox"/> Допускается конструкция с гибкой стенкой	Расчетная длина для вычисления Фб
	<input checked="" type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_b 1
	<input type="radio"/> Расчетная длина: L_{efb} 1 м
	Схема работы относительно Фб: <input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная
	Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости
	Без закреплений
	Вид нагрузки
	Сосредоточенная
	Нагруженный пояс
	Сжатый

Дополнительный коэффициент условий работы при сейсмике

Коэффициент, учитывающий увеличение механических свойств стали при кратковременном сейсмическом воздействии

- при расчётах прочности (по нормальным, касательным, приведенным напряжениям)	$\lambda \leq 20$	1.3	
- при расчётах устойчивости (сжатого-изогнутых элементов по изгибной, изгибно-крутильной форме и на совместное действие сжатия и изгиба в двух плоскостях)	$20 < \lambda < 100$	1.25	- 0.0025 * λ
- при расчётах устойчивости изгибаемых элементов по плоской форме изгиба	$\lambda \geq 100$	1	

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

Второстепенные колонны, стойки фахверка, рядовые элементы решетки стропильных ферм: 210 - 60 α

Прочие конструкции:

Растянутые элементы

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2017

Проверка по деформациям

Прогибы относительно локальной оси Z1 (в плоскости X1OZ1):			Деформации относительно локальной оси Y1 (в плоскости X1OY1):		
Длина пролета			Длина пролета		
<input checked="" type="radio"/> Автоматически			<input checked="" type="radio"/> Автоматически		
<input type="radio"/> Точно l_{z1} м			<input type="radio"/> Точно l_{y1} м		
Схема работы:			Схема работы:		
<input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная			<input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная		
Максимально допустимый прогиб:			Максимально допустимые деформации:		
В мм	В долях пролета	Автоматически по п.2а табл.Е1 СП СП 20.13330.2011(СП 20.13330.2016)	В мм	В долях пролета	Автоматически по п.2а табл.Е1 СП СП 20.13330.2011(СП 20.13330.2016)
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> $l_{z1} /$	Высота помещения <input type="radio"/> $\leq 6m$ <input type="radio"/> $> 6m$	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> $l_{y1} /$	Высота помещения <input type="radio"/> $\leq 6m$ <input type="radio"/> $> 6m$

Рис. 9.108. Общий вид окна задания параметров конструирования для стальных стержней

Данные, задаваемые для всех типов сечений


На рис. 9.108 приведен общий вид 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.

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

1. **Нормы** — из раскрывающегося списка можно выбрать нормы проектирования стальных конструкций:

- СНиП II-23-81*;
- СП 16.13330.2011;
- СП 16.13330.2017;
- ДБН В.2.6-198:2014.

2. **Коэффициент надежности по ответственности** — задается в соответствии с ГОСТ 27751 (если в качестве нормативного документа был выбран СНиП II-23-81* или СП 16.13330.2011, СП 16.13330.2017), или в соответствии с ДБН В.1.2-14-2018, табл. 5 (если в качестве нормативного документа был выбран ДБН В.2.6-198:2014).

 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 установить флажок **Допускается развитие пластических деформаций**;
- если в качестве нормативного документа был выбран СП 16.13330.2011, СП 16.13330.2017 или ДБН В.2.6-198:2014, то в диалоговом окне предоставляется возможность выбрать из раскрывающегося списка **Класс конструкции по виду напряженно-деформированного состояния** один из трех классов НДС (**1 НДС**, **2 НДС** или **3 НДС**).

4. **Зона чистого изгиба** — значение данного параметра необходимо для выполнения проверки сечений с учетом пластических деформаций и также для проверки устойчивости плоской формы изгиба 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, СП 16.13330.2017 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, СП 16.13330.2017** (если в качестве нормативного документа была выбрана одна из этих норм), или **Выбрать γ_c по ДБН В.2.6-198:2014** (если в качестве нормативного документа был выбран ДБН В.2.6-198:2014).

6. Расчетные длины элементов стальных конструкций задаются относительно локальных осей Y_1 и Z_1 . В зависимости от того, какой из переключателей (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) выбран, 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 расчетной длины нужно руководствоваться (в зависимости от выбранного нормативного документа) разделом 6 [9.10], разделом 10 [9.11] или разделом 13 [9.6]. Если в этих документах нет указаний применительно к рассматриваемой расчётной схеме, рекомендуем воспользоваться подсистемой **Устойчивость**. В некоторых случаях может оказаться полезной вкладка **Колонны с неполной связью** в утилите **Расчётная длина колонны** (см. п. 9.10).

7. **Дополнительный коэффициент условий работы при сейсмике** — задается в соответствии со СНиП II-7-81* п. 2.14, табл. 7, или СП 14.13330.2014 п. 5.16, табл. 6, или ДБН В.1.1-12:2014 п. 6.5.4, табл. 6.13, или по аналогичной таблице национальных норм.

8. **Проверка гибкости** — для активизации нужно установить соответствующий флажок и с помощью переключателей (в топологиях двутавров, швеллеров, несимметричных двутавров/тавров) или раскрывающегося 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**.

9. **Проверка по деформациям** — задаются параметры для проверки предельно-допустимых прогибов относительно локальных осей Y_1 и Z_1 . Для активизации проверки по деформациям нужно установить флажок **Проверка по деформациям**. Далее путем установки флажков выбрать, относительно каких осей нужно выполнить проверку (**Прогибы относительно локальной оси Z1** и **Деформации относительно локальной оси Y1**). После этого нужно задать длину пролета, выбрав переключатель **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 путем выбора переключателя 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 выбора переключателя $\leq 6m$ или $> 6m$ 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 учета перемещения его опор. Подробное описание расстановки раскреплений приведено в п. 9.7.6.

Дополнительные данные, задаваемые для некоторых типов сечений

Каждая топология имеет дополнительные исходные данные, присущие только ей:


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

- **Расчетная длина для вычисления φ_b** — в зависимости от того, какой из переключателей (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) выбран, вводится или коэффициент к расчетной длине, или значение расчетной длины в метрах.
- **Схема работы относительно φ_b** — путем выбора соответствующего переключателя (**Балочная** или **Консольная**) задается схема работы изгибаемого элемента.
- **Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости** — задается с помощью соответствующего раскрывающегося списка (зависит от выбранной схемы работы относительно φ_b).
- **Вид нагрузки** — задается с помощью соответствующего раскрывающегося списка (зависит от выбранного количества закреплений).

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

- **Нагруженный пояс** — задается с помощью соответствующего раскрывающегося списка.


Вышеприведенные 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 расчетную длину по φ_b равной нулю, если она действительно не равна нулю, т.к. она также используется в проверке устойчивости по изгибно-крутильной форме по φ_z .

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

- **Расчетная длина для вычисления φ_b** — в зависимости от того, какой из переключателей (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) выбран, вводится или коэффициент к расчетной 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 раскрывающегося списка.
- **Нагруженный пояс** — задается с помощью переключателя, возле которого схематически изображен нагруженный пояс ()

Вышеприведенные 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 :

- **Расчетная длина для вычисления φ_b** — в зависимости от того, какой из переключателей (**Коэффициент приведения длины** или **Расчетная длина**) выбран, вводится или коэффициент к расчетной длине, или значение расчетной длины в метрах.
- **Схема работы относительно φ_b** — путем выбора соответствующего переключателя (**Балочная** или **Консольная**) задается схема работы изгибаемого элемента.
- **Вид нагрузки** — задается с помощью соответствующего раскрывающегося списка (зависит от выбранной схемы работы относительно φ_b).
- **Уровень приложения нагрузки** — задается с помощью соответствующего раскрывающегося списка.

9.7.3 Конструирование универсального двухветвевое сечения

Особенностью задания конструирования для такого элемента является то, что для универсального двухветвевое сечения выполняются проверки как для единого стержня, так и для отдельных ветвей и соединительных элементов, составляющих это сечение. Соответственно, следует задать необходимые для этого параметры (рис. 9.109 и 9.110).

Моделирование элемента двухветвевое сечения как единого стержня допустимо при количестве панелей не менее шести, в соответствии с указаниями нормативных документов п. 5.11 [9.8], п. 7.2.2 [9.11], п. 8.2.2 [9.6].

Сквозные стержни с числом панелей менее шести рекомендуется выполнять по указаниям пп. 7.2.2, 7.2.5 [9.11], пп. 8.2.2, 8.2.5 [9.6] как расчет рамных систем. Расчет общей устойчивости по деформированной схеме по указаниям п. 7.2.5 [9.11], п. 8.2.5 [9.6] в настоящей версии не реализован.

Параметры, необходимые для расчета элемента, как **единого стержня**, задаются аналогично параметрам для других типов сечений. Так же, как и для других типов сечений, задаются нормы, по которым будут выполняться проверки, коэффициенты надежности по ответственности (при расчете по ДБН В.2.6-198:2014 они могут быть разные для первого и второго предельных состояний). По **первому предельному состоянию** задаются класс напряженно-деформированного состояния, коэффициенты условий работы по прочности и

по устойчивости, коэффициенты по сейсмике, расчетные длины единого стержня в двух главных направлениях. При указании расчетных длин также можно воспользоваться вспомогательной утилитой по их определению.

ст. стержень

Нормы
СП 16.13330.2011

Имя: Сквозные двуветвевые сечения
Описание: Крайняя опора.

Первое предельное состояние

Коэффициент надежности по ответственности: γ_n 0.95
Класс конструкции по виду напряженно-деформированного состояния: 2 НДС

Дополнительный коэффициент условий работы при сейсмике

Коэффициент, учитывающий увеличение механических свойств стали при кратковременном сейсмическом воздействии	mtr		
- при расчётах прочности (по нормальным, касательным, приведенным напряжениям)		1.3	
	$\lambda \leq 20$	1.2	
- при расчётах устойчивости (сжато-изогнутых элементов по изгибной, изгибно-крутильной форме и на совместное действие сжатия и изгиба в двух плоскостях)	$20 < \lambda < 100$	1.25	- 0.0025 * λ
	$\lambda \geq 100$	1	
- при расчётах устойчивости изгибаемых элементов по плоской форме изгиба		1	

Прочность (всё сечение)	Прочность (ветви)
Коэффициент условий работы: γ_c 1	Коэффициент условий работы: γ_c 1
Выбрать γ_c	Выбрать γ_c

Устойчивость (всё сечение)	Устойчивость (ветви)
Коэффициент условий работы: γ_c 0.95	Коэффициент условий работы: γ_c 0.95
Выбрать γ_c	Выбрать γ_c
Расчетная длина относительно Y1	Расчетная длина относительно Y1
<input type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_y 1 <input checked="" type="radio"/> Расчетная длина: L_{efy} 28.8 м	<input type="radio"/> Коэффициент к длине конструктивного элемента μ_y 1 <input checked="" type="radio"/> Коэффициент к расстоянию между узлами μ_{yb} 1 <input type="radio"/> Расчетная длина: L_{efy} 1 м
Определение расчетной длины колонн относительно Y1	Определение расчетной длины колонн относительно Y1
Расчетная длина относительно Z1	Расчетная длина относительно Z1
<input type="radio"/> Коэффициент приведения длины: μ_z 1 <input checked="" type="radio"/> Расчетная длина: L_{efz} 7.2 м	<input type="radio"/> Коэффициент к длине конструктивного элемента μ_z 1 <input type="radio"/> Коэффициент к расстоянию между узлами μ_{zb} 1 <input checked="" type="radio"/> Расчетная длина: L_{efz} 7.2 м
Определение расчетной длины колонн относительно Z1	Определение расчетной длины колонн относительно Z1

Прочность (решётка)

Коэффициент условий работы: γ_c 0.75

Выбрать γ_c

Устойчивость (решётка)

Коэффициент условий работы: γ_c 0.75

Выбрать γ_c

Расчетная длина относительно Y1 (в плоскости решётки)

Коэффициент приведения длины: μ_{yd} 1
 Расчетная длина: L_{efy} 1 м

Определение расчетной длины колонн относительно Y1

Радиус инерции: i_{min}

Расчетная длина относительно Z1 (из плоскости решётки)

Коэффициент приведения длины: μ_{zd} 1
 Расчетная длина: L_{efz} 1 м

Определение расчетной длины колонн относительно Z1

Радиус инерции: i_{min}

Рис. 9.109. Задание параметров для расчета по первому предельному состоянию

Второе предельное состояние

Коэффициент надежности по ответственности: γ_n

Проверка по гибкости (всё сечение)

Сжатые элементы (табл. 32)
 Второстепенные колонны, стойки фахверка, стойки фонаря, элементы решетки сквозных колонн 210-60α

Растянутые элементы

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2011

Проверка по гибкости (ветви)

Предельно допустимое значение относительно оси Y1 (в плоскости соединительных элементов)

Сжатые элементы

Гибкость λ_{y1b}

Условная гибкость $\bar{\lambda}_{y1b}$

Растянутые элементы

Гибкость λ_{y1b}

Условная гибкость $\bar{\lambda}_{y1b}$

Предельно допустимое значение относительно оси Z1 (из плоскости соединительных элементов)

Сжатые элементы (табл. 32)
 Второстепенные колонны, стойки фахверка, стойки фонаря, элементы решетки сквозных колонн 210-60α

Растянутые элементы

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2011

Проверка по гибкости (решётка)

Сжатые элементы (табл. 32)
 Прочие элементы решетки плоских ферм, пространственных и структурных конструкций 210-60α

Растянутые элементы

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2011

Проверка по деформациям

Прогибы относительно локальной оси Z1 (в плоскости X1OZ1):

Длина пролета
 Автоматически Точно L_{y1}

Схема работы:
 Балочная Консольная

Максимально допустимое перемещение
 Ввести значение
 В долях пролета $L_{y1} /$
 Автоматически по п.2а табл.Е1 Высота омещения ≤ 6m > 6m

Деформации относительно локальной оси Y1 (в плоскости X1OY1):

Длина пролета
 Автоматически Точно L_{z1}

Схема работы:
 Балочная Консольная

Максимально допустимый прогиб:
 Ввести значение
 В долях пролета $L_{z1} /$
 Автоматически по п.2а табл.Е1 Высота омещения ≤ 6m > 6m

Рис. 9.110. Задание параметров для расчета по второму предельному состоянию

По **второму предельному состоянию** при необходимости указываются предельно допустимые значения гибкости единого стержня (здесь, так же, как и для других сечений, можно воспользоваться подсказкой), а также максимальные прогибы (деформации) в различных направлениях.

При задании параметров для расчета **ветвей и соединительной решетки** некоторые характеристики принимаются по умолчанию (табл. 9.7 и 9.8).

Таблица 9.7. Характеристики ветвей, принимаемые по умолчанию

Характеристика	Принимается по умолчанию	Примечание
Нормативный документ	Принимается, как для всего сечения в целом	
Класс конструкций по напряженно-деформированному состоянию		
Коэффициент надежности по назначению		
Схема работы относительно φ_b	Балочная	Для двутавров и швеллеров
Количество боковых закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости	Два и более, делящие пролет на равные части	
Вид нагрузки	Не используются при двух раскреплениях	
Нагруженный пояс		

Таблица 9.8. Характеристики решетки или планок, принимаемые по умолчанию

Характеристика	Принимается по умолчанию	Примечание
Нормативный документ	Принимается, как для всего сечения в целом	
Класс конструкций по напряженно-деформированному состоянию		
Коэффициент надежности по назначению		
Коэффициент условий работы (только для планок)		
Расчетная длина для планок (в расчетах не используется)	$l_{efy} = l_{efz} = 0.5b$ $l_{efb} = b$	Для планок
Схема работы относительно φ_b	Балочная	Для планок из швеллера
Количество боковых закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости	Два и более, делящие пролет на равные части	
Вид нагрузки	Не используются при двух раскреплениях	
Нагруженный пояс		
Вид нагрузки	Зона чистого изгиба или участок между боковыми раскреплениями	Для планок из полосы
Уровень приложения нагрузки	Не используется	

Отдельно задаются следующие параметры:

- Для ветвей по первому предельному состоянию задаются:
 - **Коэффициент условий работы по прочности и по устойчивости.** Они могут отличаться от коэффициентов условий работы, принимаемых для всего элемента как единого стержня. Здесь также предусмотрена возможность воспользоваться подсказкой.

- **Расчетная длина относительно $Y1$.** Это расчетная длина ветви в плоскости соединительных элементов (плоскость $X1OZ1$). Ее можно задать абсолютным значением **расчетной длины** в метрах L_{efy} , коэффициентом к длине конструктивного элемента μ_y или коэффициентом к расстоянию между узлами соединительной решетки или планок μ_{yb} . Как правило, расчетная длина ветви в этом направлении принимается равной расстоянию между узлами решетки или между осями планок, т.е. $\mu_{yb} = 1$, что соответствует указаниям норм п. 5.35 [9.10], п. 9.3.6 [9.11], п. 10.3.6 [9.6]. Но здесь можно воспользоваться вспомогательной утилитой по определению расчетных длин ветвей двухветвевых колонн, которая реализует указания табл. 26 [9.8], п. 1.1.2 [9.11], табл. P.1 [9.6] и позволяет получить уточненное значение расчетных длин. Сложность такого задания расчетных длин состоит в том, что при задании исходных данных нужно знать количество участков (панелей) и усилия в них.

- **Расчетная длина относительно $Z1$.** Это расчетная длина ветви из плоскости соединительных элементов (плоскость $X1OY1$). Чаще всего данная расчетная длина совпадает с расчетной длиной L_{efz} всего элемента, как единого стержня, но в зависимости от конструктивных особенностей рассчитываемых конструкций может и отличаться. Здесь также можно воспользоваться вспомогательной утилитой по определению расчетных длин ветвей двухветвевых колонн, которая позволяет получить уточненное значение расчетных длин.

Устойчивость (ветви)

Коэффициент условий работы: γ_s 1

Выбрать γ_s

Расчетная длина относительно $Y1$

Коэффициент к длине конструктивного элемента L μ_y 1

Коэффициент к расстоянию между узлами решетки μ_{yb} 1

Расчетная длина: L_{efy} 0.859 м

Определение расчетной длины колонн относительно $Y1$

Расчетная длина относительно $Z1$

Коэффициент к длине конструктивного элемента L μ_z 1

Коэффициент к расстоянию между узлами решетки μ_{zb} 1

Расчетная длина: L_{efz} 4.345 м

Определение расчетной длины колонн относительно $Z1$

L_{ef} Определение расчетной длины колонн

Колонны постоянного сечения | Ступенчатые колонны | Колонны с неполной связью | Ветви двухветвевых колонн

Закрепление ветви в плоскости колонны

шарнирное жесткое

Закрепление ветви из плоскости колонны

шарнирное жесткое

Параметры ветви колонны

длина участка l_b 0.9 м

количество участков k 7

расстояние между точками закрепления из плоскости стержня l_1 6.3 м

максимальное усилие сжатия N_{max} 20 тс

усилие, соседнее с максимальным N_2 18 тс

коэф. соотношения усилий

$$\beta = \frac{\sum_{i=2}^k N_i}{N_{max}}$$

β 6

принять максимальное значение ($\beta=k-1$)

Расчет

Результаты

расчетная длина ветви в плоскости колонны l_{efb} 0.859 м использовать в расчете

расчетная длина ветви из плоскости колонны l_{ef1} 4.345 м использовать в расчете

Применить Отмена

Рис. 9.111. Задание уточненного значения расчетных длин

ст. стержень

Нормы
СП 16.13330.2011

Имя: Сквозные двухветвевые сечения Описание: Крайняя опора.

Первое предельное состояние

Кoeffициент надежности по ответственности: γ_n 0.95
Класс конструкции по виду напряженно-деформированного состояния: 2 НДС

Дополнительный коэффициент условий работы при сейсмике

Кoeffициент, учитывающий увеличение механических свойств стали при кратковременном сейсмическом воздействии	mts	1.3
- при расчётах прочности (по нормальным, касательным, приведенным напряжениям)		1.2
- при расчётах устойчивости (скато-изогнутых элементов по изгибной, изгибно-крутильной форме и на совместное действие сжатия и изгиба в двух плоскостях)	$\lambda \leq 20$	1.25
	$20 < \lambda < 100$	1
- при расчётах устойчивости изгибаемых элементов по плоской форме изгиба	$\lambda \geq 100$	1

Кoeffициент условий работы: γ_c 1 Кoeffициент условий работы: γ_c 1

Прочность (всё сечение) **Прочность (ветви)**

Кoeffициент условий работы: γ_c 0.95 Кoeffициент условий работы: γ_c 0.95

Устойчивость (всё сечение) **Устойчивость (ветви)**

Расчетная длина относительно Y1

Кoeffициент приведения длины: μ_y 1 Кoeffициент к длине конструктивного элемента: μ_y 1

Расчетная длина: L_{efy} 28.8 м Кoeffициент к расстоянию между узлами: μ_{yb} 1

Расчетная длина относительно Z1

Кoeffициент приведения длины: μ_z 1 Кoeffициент к длине конструктивного элемента: μ_z 1

Расчетная длина: L_{efz} 7.2 м Кoeffициент к расстоянию между узлами: μ_{zb} 1

Кoeffициент условий работы: γ_c 0.75 Кoeffициент условий работы: γ_c 0.75

Прочность (решётка) **Устойчивость (решётка)**

Кoeffициент условий работы: γ_c 0.75 Кoeffициент условий работы: γ_c 0.75

Расчетная длина относительно Y1 (в плоскости решётки)

Кoeffициент приведения длины: μ_{yd} 1 Кoeffициент к длине конструктивного элемента: μ_{yb} 1

Расчетная длина: L_{efy} 1 м Кoeffициент к расстоянию между узлами: μ_{yb} 1

Расчетная длина относительно Z1 (из плоскости решётки)

Кoeffициент приведения длины: μ_{zd} 1 Кoeffициент к длине конструктивного элемента: μ_z 1

Расчетная длина: L_{efz} 1 м Кoeffициент к расстоянию между узлами: μ_{zb} 1

Второе предельное состояние

Кoeffициент надежности по ответственности: γ_n 0.95

Проверка по гибкости (всё сечение)

Сжатые элементы (табл. 32): Второстепенные колонны, стойки факверка, стойки фонаря, элементы решетки сквозных колонн 210-60α

Растянутые элементы: 400

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2011

Проверка по гибкости (ветви)

Предельно допустимое значение относительно оси Y1 (в плоскости соединительных элементов)

Сжатые элементы: Гибкость λ_{iyb} 60 Условная гибкость $\bar{\lambda}_{iyb}$ 2.7

Растянутые элементы: Гибкость λ_{iyb} 120 Условная гибкость $\bar{\lambda}_{iyb}$ 4.1

Предельно допустимое значение относительно оси Z1 (из плоскости соединительных элементов)

Сжатые элементы (табл. 32): Второстепенные колонны, стойки факверка, стойки фонаря, элементы решетки сквозных колонн 210-60α

Растянутые элементы: 400

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2011

Проверка по гибкости (решётка)

Сжатые элементы (табл. 32): Прочие элементы решетки плоских ферм, пространственных и структурных конструкций 210-60α

Растянутые элементы: 400

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2011

Проверка по деформациям

Прогобы относительно локальной оси Z1 (в плоскости X1OZ1): Деформации относительно локальной оси Y1 (в плоскости X1OY1):

Длина пролета Длина пролета

Рис. 9.112. Общий вид конструирования для универсального двухветвевое сечения

- Для соединительных элементов по первому предельному состоянию параметры задаются только для элементов решетки. Для планок здесь ничего задавать не требуется.

- Коэффициенты условий работы по прочности и по устойчивости. Предусмотрена возможность воспользоваться подсказкой.

- Расчетная длина относительно $Y1$ (в плоскости решетки) и Расчетная длина относительно $Z1$ (из плоскости решетки). Может задаваться как абсолютным значением L_{efy} , L_{efz} в метрах, так и коэффициентом к геометрической длине элемента μ_{yd} , μ_{zd} . Как правило, расчетная длина элементов решетки принимается равной их геометрической длине.

- Для решетки из уголков следует еще задать принимаемый в расчете Радиус инерции (минимальный, максимальный или параллельно полкам).

- Для ветвей по второму предельному состоянию задаются:

- Предельно допустимая гибкость ветви относительно оси $Y1$ (в плоскости соединительных элементов). С помощью переключателя λ_{uyb} задается значение предельной гибкости ветви или с помощью переключателя $\bar{\lambda}_{uyb}$ задается значение предельной условной гибкости ветви $\bar{\lambda}_{uyb} = \lambda_{uyb} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$. Предельные значения гибкости задаются как для сжатых, так и для растянутых ветвей. При этом следует руководствоваться указаниями норм п. 5.6 [9.10], пп. 7.2.3, 7.2.4 [9.11], пп. 8.2.3, 8.2.4 [9.6].

- Предельно допустимая гибкость ветви относительно оси $Z1$ (из плоскости соединительных элементов). Здесь можно воспользоваться встроенной подсказкой. Обычно предельная гибкость ветви относительно оси $Z1$ принимается равной предельной гибкости всего элемента, как единого стержня относительно оси $Z1$.

- Для соединительных элементов по второму предельному состоянию задаются только предельные гибкости элементов решетки. При этом можно воспользоваться подсказкой. Для планок здесь ничего задавать не нужно. При задании планок из полосовой стали рекомендуется выполнять ограничения, указанные в п. 15.3.5 [9.11], п. 17.4.5 [9.6]. При невыполнении этих конструктивных ограничений программа выдает предупреждение.

9.7.4 Конструирование универсального трёхветвевое сечения

Здесь, как и в двухветвевых сечениях, моделирование элемента единым стержнем допустимо при количестве панелей не менее шести, в соответствии с указаниями нормативных документов п. 5.11 [9.8], п. 7.2.2 [9.11], п. 8.2.2 [9.6].

Задание конструирования элементов трёхветвевое сечения имеет много общего с двухветвевым. Здесь также, как и для двухветвевых сечений, выполняются проверки как для единого стержня, так и для отдельных ветвей и соединительных элементов, составляющих это сечение. Соответственно, следует задать необходимые для этого параметры (рис. 9.113).

При задании исходных данных для отдельных элементов, составляющих трёхветвевое сечение, некоторые параметры задаются по умолчанию (табл. 9.9 и 9.10).

Таблица 9.9. Характеристики элементов с геометрически неизменяемой решёткой

Характеристика	Принимается по умолчанию	Примечание
Нормативный документ	Принимается, как для всего сечения в целом	
Класс конструкций по напряженно-деформированному состоянию		
Коэффициент надежности по назначению		
Схема работы относительно φ_b	Балочная	Для двутавров и швеллеров
Количество боковых закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости	Два и более, делящие пролет на равные части	
Вид нагрузки	Не используются при двух раскреплениях	
Нагруженный пояс		

Таблица 9.10. Характеристики элементов с планками

Характеристика	Принимается по умолчанию	Примечание
Нормативный документ	Принимается, как для всего сечения в целом	
Класс конструкций по напряженно-деформированному состоянию		
Коэффициент надежности по назначению		
Коэффициент условий работы		Для планок из швеллера или полосы
Расчетная длина для планок (не должна использоваться)	$l_{efy} = l_{efz} = 0.5b$	
Схема работы относительно φ_b	Балочная	Для планок из швеллера
Количество боковых закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости	Два и более, делящие пролет на равные части	
Вид нагрузки	Не используются при двух раскреплениях	
Нагруженный пояс		
Вид нагрузки	Зона чистого изгиба или участок между боковыми раскреплениями	Для планок из полосы
Уровень приложения нагрузки	Не используется	

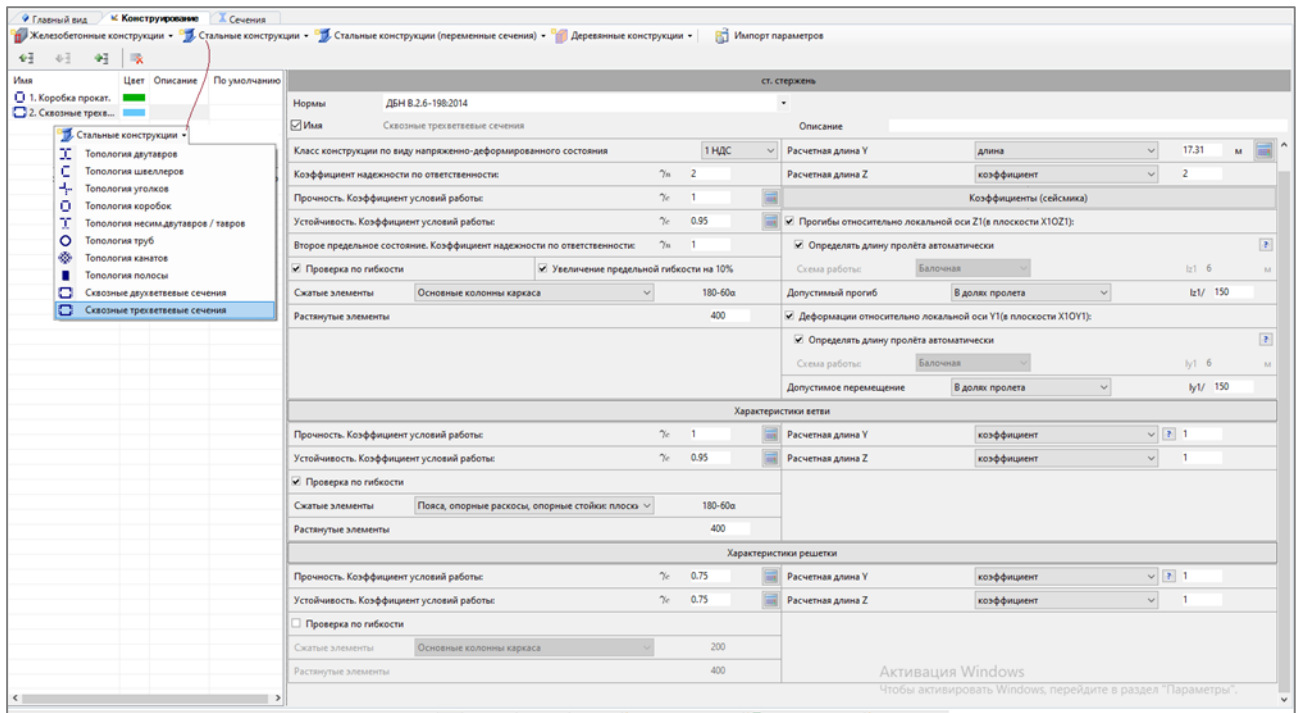


Рис. 9.113. Задание параметров конструирования трёхветвевое сечения

9.7.5 Конструирование элементов переменного сечения

Главным принципиальным отличием конструирования элементов переменного сечения от элементов постоянного сечения аналогичного профиля является задание расчётной длины для проверки общей устойчивости.

Как уже было отмечено (см. п. 9.4), для корректного расчёта устойчивости в соответствии с нормами СНиП, СП, ДБН приняты следующие предположения, многократно подтверждённые опытом таких расчётов методом аппроксимации переменных сечений:

- Расчётная длина элементов переменной жёсткости также является величиной переменной.
- Если известно значение расчётной длины элемента l_{efbas} (базовое значение) в любом месте такого элемента, имеющем момент инерции I_{bas} , то расчётная длина элемента в любом другом месте стержня может быть определена с помощью формулы (9.9).

В действующих нормах СНиП, СП, ДБН нет указаний по определению расчётных длин для схем с элементами переменного сечения, а в литературе рекомендуется постоянная её величина, соответствующая сечению в месте максимальной жёсткости (например, [9.20] или [9.21]).

При задании конструирования необходимо задать расчётную длину в обеих главных плоскостях. При этом есть выбор: задать постоянную по всей длине элемента расчётную длину либо использовать переменную расчётную длину. В последнем случае следует привести базовую расчётную длину и указать место, где эта величина справедлива (рис. 9.114).

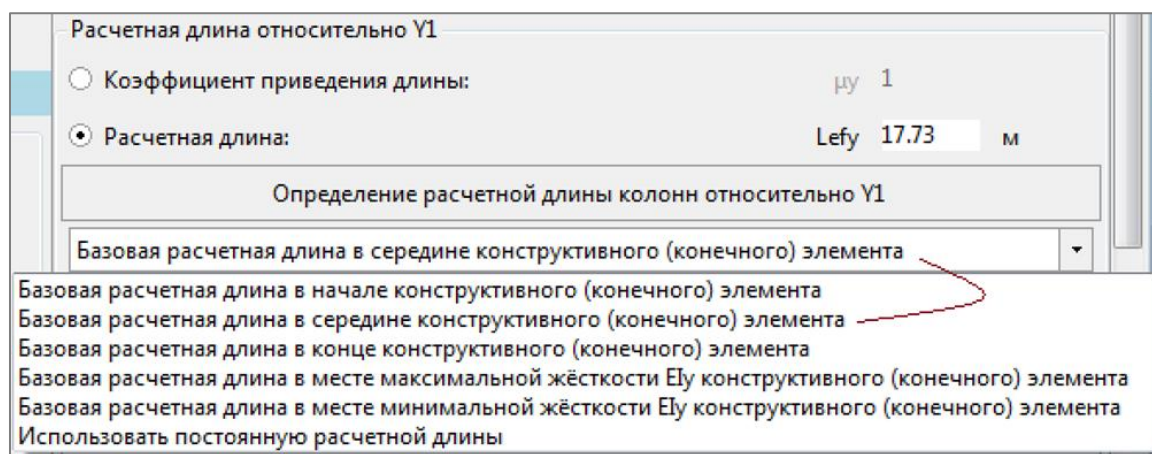


Рис. 9.114. Задание расчётной длины для элементов переменной жёсткости

Для задания базовой расчётной длины проектировщик может воспользоваться различными способами. Например:

а) Для простых конструкций можно воспользоваться указаниями приведенной выше литературы или других источников.

б) Также для простых конструкций, имеющих очертания, указанные в табл. 17а [9.10], табл. 31 [9.11], табл. 13.8 [9.6], можно применить метод эквивалентных постоянных жесткостей, приводящий рассматриваемую схему к указанной в нормах. Например, в качестве правдоподобного критерия для однопролётной П-образной рамы можно принять равенство опорных моментов в ригеле от вертикальных нагрузок или равенство горизонтальных перемещений ригеля от горизонтальных нагрузок. Путём многократных расчётов (по ЛИРА 10) можно подобрать постоянные жёсткости элементов, эквивалентные исходной раме по выбранному критерию. Затем с помощью формулы (9.9) перевести полученную по нормам с помощью эквивалентных жесткостей расчётную длину в одно из тех мест, которые предлагаются на рис. 9.114.

в) Однако рекомендуемый нами способ — воспользоваться подсистемой **Устойчивость** программного комплекса ЛИРА 10. Это универсальный способ, подходящий для любых расчётных схем. Для анализа устойчивости схемы составляется характерное загрузение или характерная комбинация загрузений (РСН), по которой будут определяться расчётные длины элементов. После этого выполняется анализ устойчивости. Подсистема **Устойчивость** определяет расчётные длины элементов переменного сечения в их среднем сечении.

Общий вид диалогового окна для задания параметров конструирования для стальных стержней переменного сечения приведен на рис. 9.115.

Переменный двутавр

Нормы: СП 16.13330.2017

Имя: Переменный двутавр Описание: _____

Первое предельное состояние

Кoeffициент надежности по ответственности: γ_n 1

Зона чистого изгиба 1 НДС

Прочность	Устойчивость
Кoeffициент условий работы: γ_c 1	Кoeffициент условий работы: 1 γ_c
Выбрать γ_c	Выбрать γ_c
<input checked="" type="checkbox"/> Локальные напряжения: σ_{loc} 8.66E-05 тс/м ²	
Местная устойчивость	
Ребра жесткости: не заданы 1.5	
	Расчетная длина относительно Y1 <input checked="" type="radio"/> Кoeffициент приведения длины: μ_y 1 <input type="radio"/> Расчетная длина: L_{efy} 1 м Определение расчетной длины колонн относительно Y1 Использовать постоянную расчетной длины
	Расчетная длина относительно Z1 <input checked="" type="radio"/> Кoeffициент приведения длины: μ_z 1 <input type="radio"/> Расчетная длина: L_{efz} 1 м Определение расчетной длины колонн относительно Z1 Использовать постоянную расчетной длины
	Расчетная длина для вычисления Φ_b Кoeffициент приведения длины: μ_b 1 Схема работы относительно: <input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная Количество закреплений сжатого пояса в плоскости минимальной жесткости Без закреплений Вид нагрузки: Сосредоточенная Нагруженный пояс: Сжатый

Дополнительный коэффицент условий работы при сейсмике

Кoeffициент, учитывающий увеличение механических свойств стали при кратковременном сейсмическом воздействии	мтр	
- при расчётах прочности (по нормальным, касательным, приведенным напряжениям)	$\lambda \leq 20$	1.3
	$20 < \lambda < 100$	1.2
- при расчётах устойчивости (сжато-изогнутых элементов по изгибной, изгибно-крутильной форме и на совместное действие сжатия и изгиба в двух плоскостях)	$\lambda \geq 100$	1.25 - 0.0025 * λ
- при расчётах устойчивости изгибаемых элементов по плоской форме изгиба		1

Второе предельное состояние

Кoeffициент надежности по ответственности: γ_n 1

Проверка по гибкости

Сжатые элементы

- Основные колонны, пояса и опорные раскосы стропильных ферм: 180 - 60 α
- Второстепенные колонны, стойки фахверка, рядовые элементы решетки стропильных ферм: 210 - 60 α
- Прочие конструкции

Растянутые элементы: 400

Допускается увеличение предельной гибкости на 10% в соответствии с п. 10.4.2 СП 16.13330.2017

Проверка по деформациям

Прогибы относительно локальной оси Z1(в плоскости X1OZ1): Деформации относительно локальной оси Y1(в плоскости X1OY1):

Длина пролета		
<input checked="" type="radio"/> Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать распределения конструктивных элементов в рассматриваемом		
<input type="radio"/> Точно l_{z1} м		
Схема работы: <input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная		
Допустимый прогиб		
В мм	В долях пролета	Автоматически по п.2а табл.Е1 СП 20.13330.2011(СП 20.13330.2016)
<input checked="" type="radio"/> 30	<input type="radio"/> $l_{z1} /$	Высота помещения <input type="radio"/> $\leq 6м$ <input type="radio"/> $> 6м$


Длина пролета		
<input checked="" type="radio"/> Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать распределения конструктивных элементов в рассматриваемом		
<input type="radio"/> Точно l_{y1} м		
Схема работы: <input checked="" type="radio"/> Балочная <input type="radio"/> Консольная		
Максимально допустимые деформации:		
В мм	В долях пролета	Автоматически по п.2а табл.Е1 СП 20.13330.2011(СП 20.13330.2016)
<input checked="" type="radio"/> 30	<input type="radio"/> $l_{y1} /$	Высота помещения <input type="radio"/> $\leq 6м$ <input type="radio"/> $> 6м$

Рис. 9.115. Задание конструирования для элементов переменного сечения

9.7.6 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 расчетной схемы вычесть перемещения ее 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.

Для доступа к режиму **Установить раскрепление для прогибов** выполните команду меню **Конструирование** ⇒ **Раскрепление для прогибов** либо воспользуйтесь одноименной командой на вкладке ленты **Редакторы и конструирование**, или щелкните на кнопке  на панели инструментов.

В верхней части панели активного режима (рис. 9.116) находится область назначения раскрепления, где путем установки соответствующих флажков (**Y1**, **Z1**) можно установить раскрепление для узла №1 и/или узла №2. Предварительно нужно выделить необходимый элемент, в зависимости от выбранной **Политики установки**.

Например, для балок перекрытия, расположенных в горизонтальной плоскости, местная ось Z_1 которых направлена вверх, достаточно дать раскрепление по Z_1 .

Если установить флажок **Визуализация назначенных раскреплений**, на экране предварительно (перед назначением) отображаются установленные раскрепления.

После ввода всех необходимых данных нужно нажать кнопку **Установить**.

Чтобы удалить установленные раскрепления, нужно нажать кнопку **Освободить**.

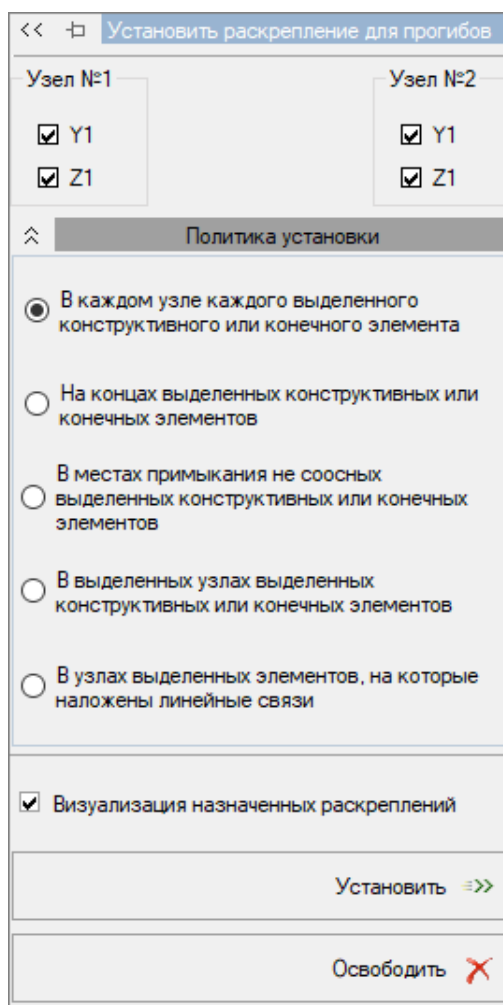





Рис. 9.116. Панель **Установить раскрепление для прогибов**

9.8 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

9.8.1 Получение результатов расчета

Для получения результатов расчета по стальным конструкциям необходимо:

1. Запустить задачу на расчет (с помощью команды **Расчет** ⇒ **Выполнить расчет** либо кнопки  на панели инструментов).
2. Перейти в режим расчета конструкций (с помощью команды **Расчет** ⇒ **Расчет конструкций** либо кнопки  на панели инструментов).
3. На вкладке **Параметры структурного расчета** панели режима **Расчет конструкций** (рис. 9.117) установить флажки возле необходимых параметров расчета;
4. Щелкнуть на кнопке **Отправить элементы на расчет**.
5. После успешного выполнения расчета перейти в режим результатов расчета по металлическим конструкциям (с помощью команды **Спец. результаты** ⇒ **Стальные конструкции** либо кнопки  на панели инструментов).

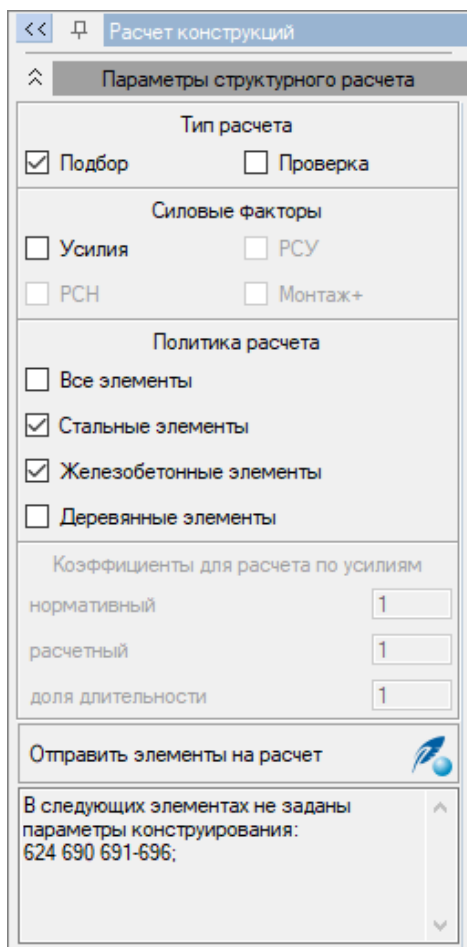


Рис. 9.117. Панель **Расчет конструкций**

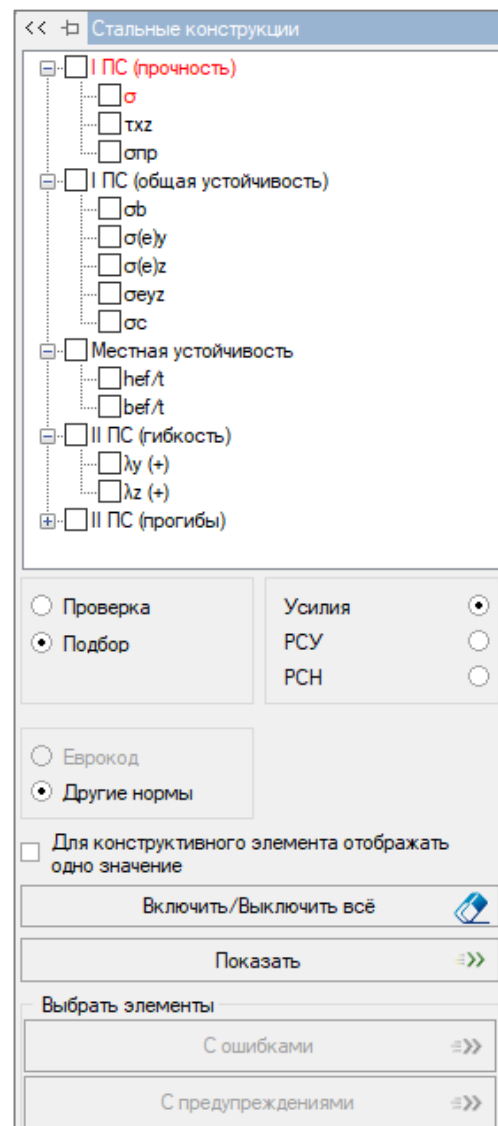


Рис. 9.118. Панель **Стальные конструкции**


Протокол расчета

Для отображения результатов в виде протокола расчета необходимо использовать соответствующие переключатели на панели активного режима **Стальные конструкции** (рис. 9.118).









После чего станет доступен сам протокол под расчетной моделью (рис. 9.119).

^ Номер	Сечение	Ошибки	Предупр.	I ПС (прочность)			I ПС (общая устойчивость)					Местная устойчивость		II ПС (гибкость)		II ПС (прогибы)		
				σ_x	T_{yz}	σ_{eqv}	φ_z	$\varphi_{y/z}$	$\varphi_{y/z}$	$\varphi_{y/z}$	$C\varphi_z$	h_{er}	b_{er}	λ_y	λ_z	δ_z	δ_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		


Рис. 9.119. Протокол расчета

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

Меню управления протоколом состоит из следующих инструментов:

-  — 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 (возможно выбрать элементы **Все, Выбранные, Не скрытые**).

В каждой ячейке протокола (рис. 9.120) есть возможность отобразить проверку тремя разными способами:

- щелкнуть на процент использования (в данном случае **85**) для отображения исключительно одной конкретной проверки без дополнительных данных;
- нажать на кнопку  для отображения протокола проверки с более детальным описанием, куда 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.



Рис. 9.120. Варианты отображения проверки в протоколе

 В протоколе проверок используются такие единицы измерения, которые выставлены в настройках ПК ЛИРА 10. Чтобы изменить единицы измерения, сначала внесите требуемые изменения в настройках, а затем в протоколе проверок заново отобразите интересующую проверку.

Графическая визуализация результатов

На панели активного режима **Стальные конструкции** (рис. 9.118) в древовидном списке нужно отметить флажками необходимые проверки и нажать кнопку **Показать**, после чего на схеме отобразятся проценты использования элементов в виде диаграмм (рис. 9.121).

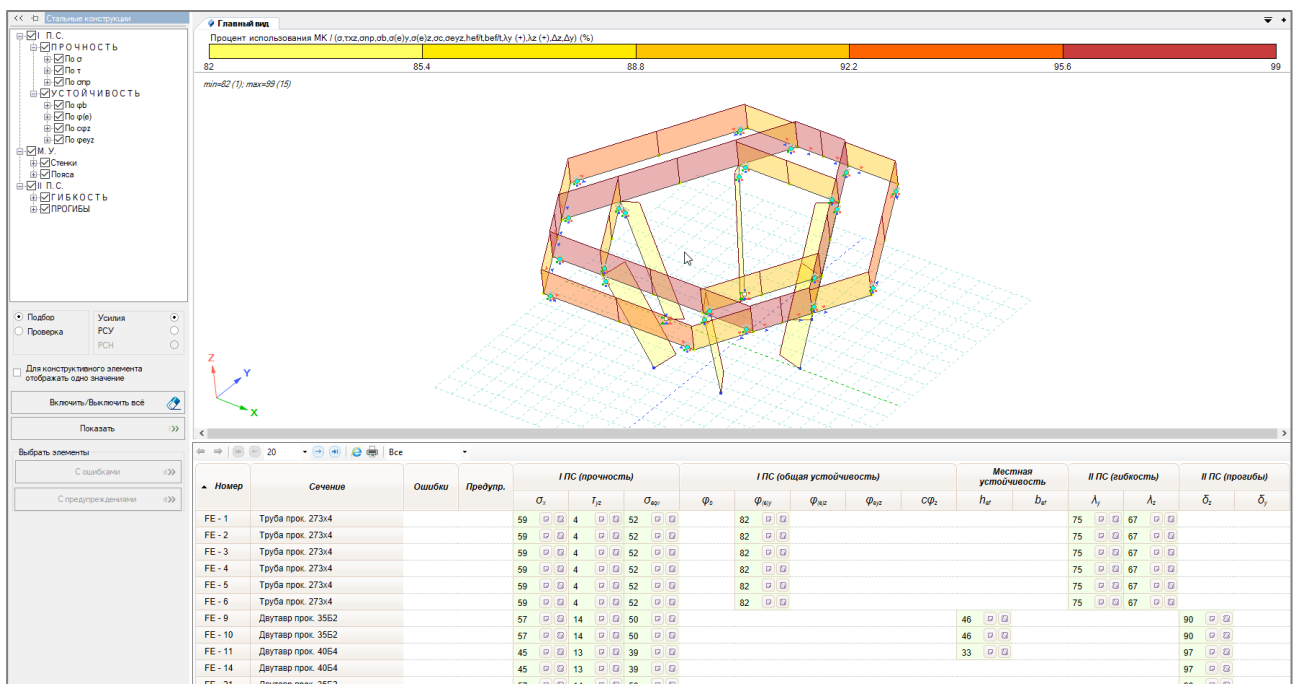






Рис. 9.121. Графическая визуализация результатов расчета

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

9.8.2 Получение результатов в виде таблиц

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

1. Запустить задачу на расчет (с помощью команды **Расчет** ⇨ **Выполнить расчета** либо кнопки  на панели инструментов).
2. Перейти в режим расчета конструкции (с помощью команды **Расчет** ⇨ **Расчет конструкций** либо кнопки  на панели инструментов).
3. На вкладке **Параметры структурного расчета** панели режима **Расчет конструкций** (рис. 9.117) установить флажки возле необходимых параметров расчета.
4. Щелкнуть по кнопке **Отправить элементы на расчет**.
5. После успешного выполнения расчета перейти в режим таблиц результатов (с помощью команды **Документирование** ⇨ **Таблицы результатов** либо кнопки  на панели инструментов).
6. На вкладке **Формирование таблиц** (рис. 9.122) выбрать из списка необходимую таблицу (названия таблиц с результатами по металлическим конструкциям начинаются с аббревиатуры **М.К.**) и щелкнуть на кнопке **Сформировать**.

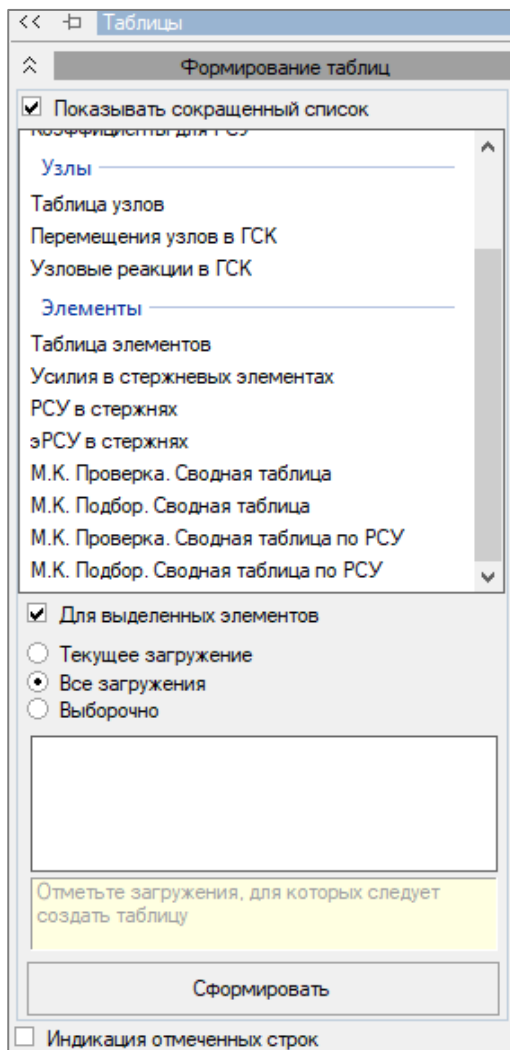


Рис. 9.122. Вкладка **Формирование таблиц**

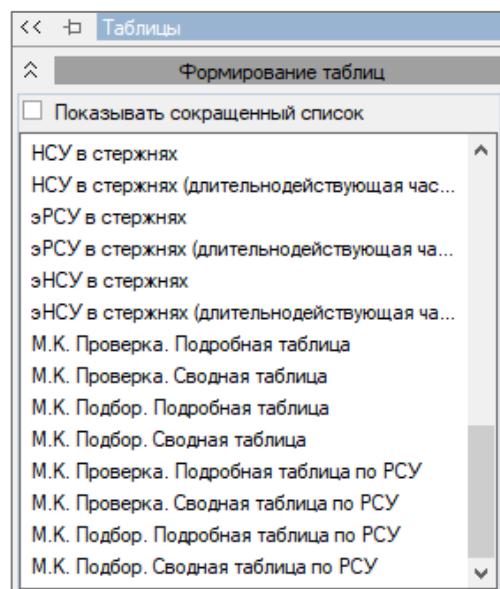



Рис. 9.123. Вкладка **Формирование таблиц** (подробный список)

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

Для отображения не только сводных таблиц, но и подробных, на вкладке **Формирование таблиц** (рис. 9.122) необходимо снять флажок **Показывать сокращенный список** в верхней части панели. При этом в списке таблиц (рис. 9.123) станут доступны для формирования подробные таблицы результатов.

Описание функциональных возможностей таблиц результатов

Меню управления таблицами результатов можно открыть, щелкнув по кнопке  возле названия таблицы (рис. 9.126). В этом меню 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.

Номер	I ПС (прочность) (%)	I ПС (общая устойчивость) (%)	Местная устойчивость (%)	II ПС (гибкость) (%)	II ПС (прогибы) (%)	Сечение
1	53	83		96		Труба прок. 219x7
2	53	83		96		Труба прок. 219x7
3	53	83		96		Труба прок. 219x7
4	53	83		96		Труба прок. 219x7
5	53	83		96		Труба прок. 219x7
6	53	83		96		Труба прок. 219x7
7	64		42		93	Швеллер прок. 30
8	64				93	Швеллер прок. 30
9	57				90	Двутавр прок.
10	57				90	Двутавр прок.

Рис. 9.124. Сводная таблица результатов

Номер	σ (%)	τ_{xz} (%)	$\sigma_{пр}$ (%)	$\sigma(e)y$ (%)	$heft$ (%)	bef/t (%)	λ_y (+) (%)	λ_z (+) (%)	Δz (%)	Сечение
1	59	3	51	91			99	85		Труба прок. 219x7
2	58	3	51	91			99	85		Труба прок. 219x7
3	58	3	51	91			99	85		Труба прок. 219x7
4	59	3	51	91			99	85		Труба прок. 219x7
5	59	3	51	91			99	85		Труба прок. 219x7
6	58	3	51	91			99	85		Труба прок. 219x7
7	70	12	8		42	42			93	Швеллер прок. 30
8	70	12	8						93	Швеллер прок. 30
9	63	16	55		46				90	Двутавр прок.
10	63	16	55		46				90	Двутавр прок.

Рис. 9.125. Подробная таблица результатов

Номер	σ (%)	τ_{xz} (%)	$\sigma_{пр}$ (%)	$\sigma(e)y$ (%)	(+) (%)	λz (+) (%)	Δz (%)	Сечение
1	59	3	51	91	85		Труба прок. 219x7	
2	58	3	51	91	85		Труба прок. 219x7	
3	58	3	51	91	85		Труба прок. 219x7	
4	59	3	51	91	85		Труба прок. 219x7	
5	59	3	51	91	85		Труба прок. 219x7	
6	58	3	51	91	85		Труба прок. 219x7	
7	70	12	8			93	Швеллер прок. 30	
8	70	12	8			93	Швеллер прок. 30	
9	63	16	55			90	Двутавр прок.	
10	63	16	55			90	Двутавр прок.	

Рис. 9.126. Меню управления таблицами результатов

9.8.3 Анализ результатов расчета универсального двухветвевое сечения

Для каждого элемента (или конструктивного элемента) универсального двухветвевое сечения выводится до пяти строк, отображающих результаты различных проверок.

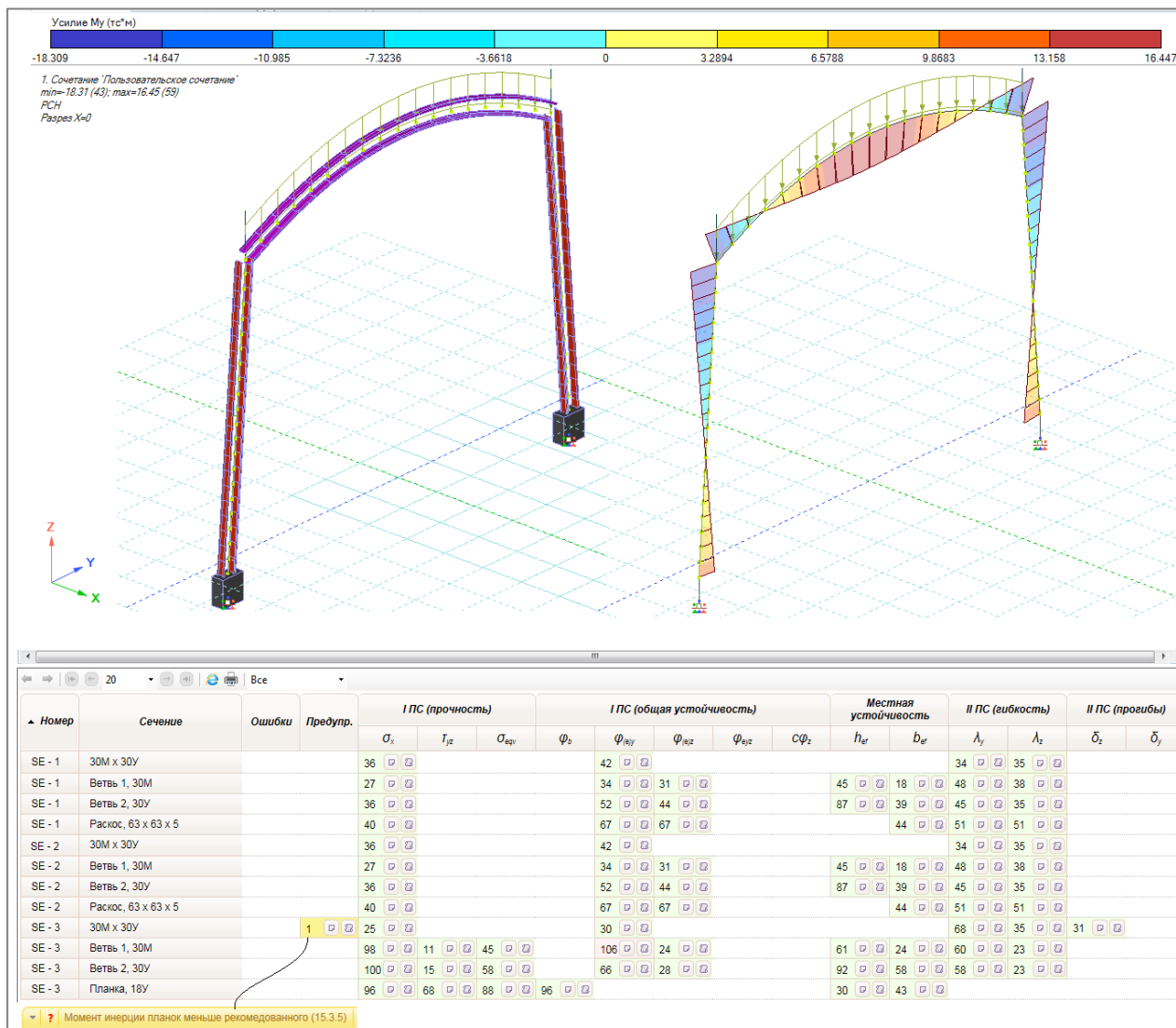


Рис. 9.127. Результаты расчета универсального двухветвевое сечения

Для двухветвевое сечения с решеткой:

- строка 1 — результаты различных проверок элемента, как единого стержня;
- строка 2 — результаты различных проверок ветви 1;
- строка 3 — результаты различных проверок ветви 2;
- строка 4 — результаты различных проверок расколов решетки;
- строка 5 — результаты различных проверок распорок (стоек) решетки, если выбрана схема решетки с распорками.

Для двухветвевое сечения с планками:

- строка 1 — результаты различных проверок элемента, как единого стержня;
- строка 2 — результаты различных проверок ветви 1;
- строка 3 — результаты различных проверок ветви 2;
- строка 4 — результаты различных проверок планок.

9.8.4 Анализ результатов расчета универсального трёхветвевое сечения

Для каждого элемента (или конструктивного элемента) универсального трёхветвевое сечения выводится до четырёх строк, отображающих результаты различных проверок.

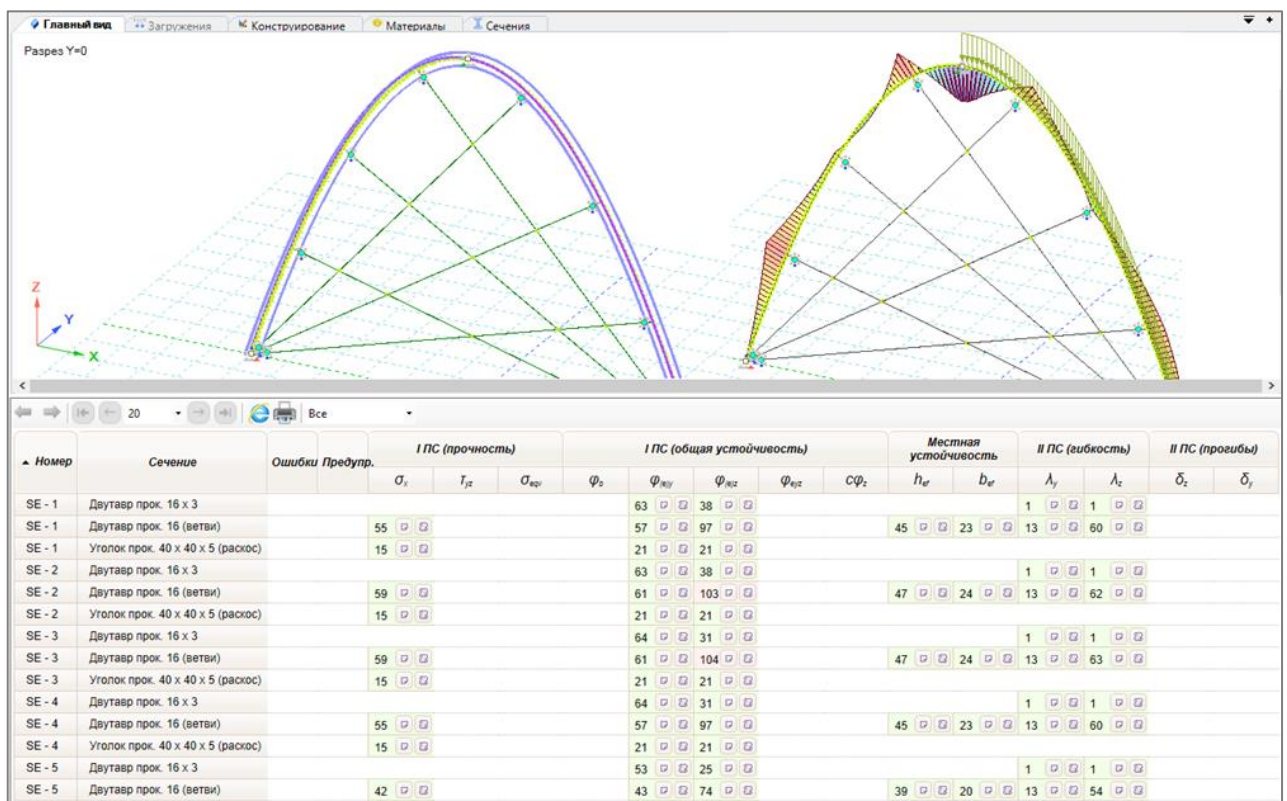


Рис. 9.128. Результаты расчета трёхветвевое сечения

Для трёхветвевое сечения с решеткой:

- строка 1 — результаты различных проверок элемента, как единого стержня;
- строка 2 — результаты различных проверок ветвей;
- строка 3 — результаты различных проверок расколов решетки;

- строка 4 — результаты различных проверок распорок (стоек) решетки, если выбрана схема решетки с распорками.

Для трёхветвевое сечения с планками:

- строка 1 — результаты различных проверок элемента, как единого стержня;
- строка 2 — результаты различных проверок ветвей;
- строка 3 — результаты различных проверок планок.

9.9 УЧЕТ КОРРОЗИИ


Одной из особенностей ПК ЛИРА 10 является учет коррозии профилей, что делает программу полезной при обследовании и усилении конструкций.

Чтобы учесть коррозионный износ, нужно в **Редакторе сечений/жесткостей** выбрать интересующее сечение в раскрывающемся списке кнопки **Стальные** и установить флажок **Учет коррозии** в окне параметров выбранного сечения.

Величину глубины коррозионного износа можно задавать как в миллиметрах, так и в процентах. Для открытых сечений, кроме одиночных уголков и крестовых сечений, можно задавать как равномерную, так и неравномерную (отдельно по стенке и полке) коррозию (рис. 9.128). Для закрытых сечений и сечений из одиночного уголка или креста с уголков задается равномерная коррозия по внешней и по внутренней стороне (рис. 9.129).

Рис. 9.128. Параметры задания коррозионного износа для открытых сечений, кроме одиночных уголков и крестовых сечений

Рис. 9.129. Параметры задания коррозионного износа для закрытых сечений и сечений из одиночных уголков и крестовых сечений


 Величина задания коррозионного износа ограничивается геометрией сечения, т.е. выполняется проверка на существование сечения с учетом заданной коррозии. И если это условие не выполняется, то появится сообщение и нужно будет ввести меньшее значение.

9.10 УТИЛИТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ДЛИН КОЛОНН

Данная утилита предоставляет возможность автоматизированного вычисления расчетных длин колонн для разных расчетных случаев, а именно:

- колонн постоянного сечения;
- ступенчатых колонн;
- колонн с неполной связью;
- ветвей двухветвевых колонн.

Чтобы воспользоваться этой утилитой, нужно перейти в **Редактор параметров конструирования**, задать необходимую топологию стальных сечений и в области задания параметров для расчета устойчивости выбрать переключатель **Расчетная длина**. В результате активизируется кнопка **Определение расчетной длины относительно $Y1/Z1$** , нажатием на которую вызывается данная утилита.

 Для **Топологии канатов** данная утилита недоступна.

Для колонн постоянного сечения реализована таблица 13.8 [9.6] во всех ее вариантах (таблица 31 [9.11]).

Для ступенчатых колонн реализованы формулы, указанные в таблице 28 [9.8].

Для колонн с неполной связью, ввиду отсутствия указаний в нормативной документации, но в то же время частого применения на практике, было реализовано решение по классической теории на основе метода перемещений с использованием функций влияния.

Для ветвей двухветвевых колонн реализованы формулы таблицы Р.1 [9.6] (п. 10.1.2 [9.11], таблица 26 [9.8]).

9.10.1 Колонны постоянного сечения

Порядок определения расчетной длины колонны постоянного сечения (рис. 9.130):

1. При помощи области 1 задать расчетный случай.
2. При помощи области 3 (и областей 4 и 5, при их наличии) задать параметры рамы, для расчетного случая, заданного на шаге 1.
3. При помощи области 6 выполнить расчет.
4. При помощи области 7 завершить работу с окном.

Область 1. Задание расчетного случая

Тип рамы — переключатели, посредством которых задается тип рамы. При выборе несвободной рамы учитывается наличие раскреплений и для средней колонны не нужно задавать количество пролетов.

Этажность — переключатели, посредством которых задается этажность рамы. От выбранного параметра зависит доступность области **Рассматриваемый этаж**.

Рассматриваемый этаж — группа переключателей, посредством которых задается рассматриваемый этаж. Доступно только для многоэтажной рамы. При выборе среднего или

верхнего этажа запрашиваются дополнительные параметры рамы, а именно момент инерции нижнего ригеля.

Опираие колонн на фундамент — переключатели, посредством которых задается тип опирания на фундамент. Доступно только для одноэтажной рамы и нижнего этажа многоэтажной рамы.

Рассматриваемая колонна — переключатели, посредством которых задается тип рассматриваемой колонны. Различают крайнюю и среднюю колонну. При выборе средней колонны запрашиваются дополнительные параметры рамы, а именно параметры рамы справа от рассматриваемой колонны.

Область 2. Расчетная схема

В этой области отображается расчетная схема с условными обозначениями. Красным цветом отмечена колонна, для которой производится определение расчетной длины.

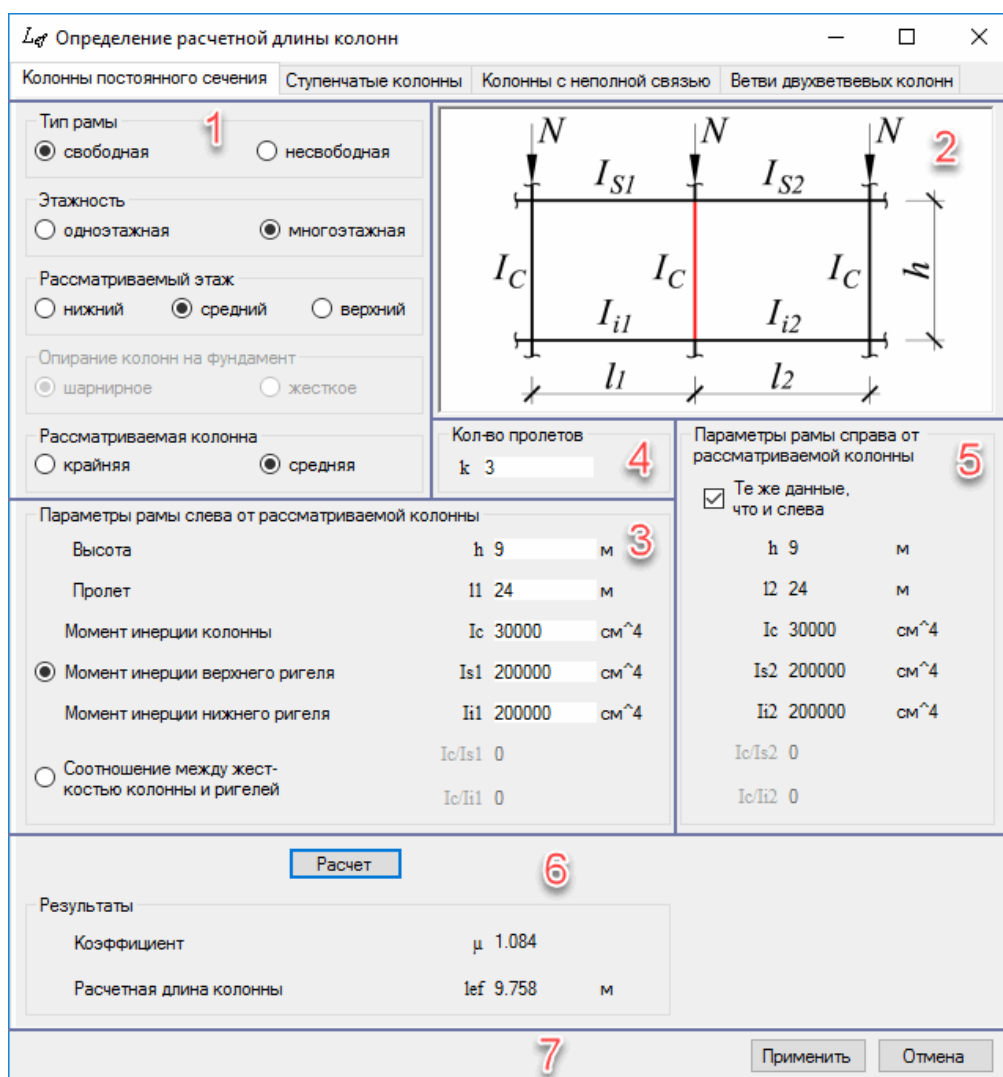


Рис. 9.130. Вкладка для определения расчетной длины колонн постоянного сечения

Область 3. Задание параметров рамы слева от рассматриваемой колонны (для средней колонны)

Высота, h — поле ввода высоты колонны.

Пролет, l ($l1$) — поле ввода длины пролета.

Момент инерции колонны, I_c ($Ic1$) — поле ввода момента инерции колонны.


Момент инерции верхнего ригеля, I_s ($Is1$) — поле ввода момента инерции верхнего ригеля (для средней колонны — справа от рассматриваемой колонны).

Момент инерции нижнего ригеля, I_i ($Ii1$) — поле ввода момента инерции нижнего ригеля (для средней колонны — справа от рассматриваемой колонны). Отображается только для колонн средних и верхних этажей многоэтажных рам.

Соотношение между жесткостью колонны и ригелей:


- **I_c/I_s ($Ic/Is1$)** — поле ввода величины соотношения момента инерции колонны к моменту инерции верхнего ригеля.

- **I_c/I_i ($Ic/Ii1$)** — поле ввода величины соотношения момента инерции колонны к моменту инерции нижнего ригеля. Отображается только для колонн средних и верхних этажей многоэтажных рам.

 Ввод соотношений жесткостей предусмотрен для случаев, когда нет возможности указать моменты инерции конструкций. Переход в данный режим ввода осуществляется посредством соответствующих переключателей.

Область 4. Количество пролетов (отображается для средней колонны)

k — поле ввода количества пролетов.

 Количество пролетов должно быть больше двух. Для несвободных рам количество пролетов не доступно, так как не влияет на расчетную длину.

Область 5. Задание параметров рамы справа от рассматриваемой колонны (отображается для средней колонны)

Те же данные, что и слева — флажок, отвечающий за дублирование значений параметров слева для значений параметров справа.

h — поле отображения высоты колонны. Не доступно для редактирования, т.к. высота этажа постоянная.

$l2$ — поле ввода длины пролета справа от рассматриваемой колонны. Не доступно для редактирования при установленном флажке **Те же данные, что и слева**.

I_c — поле отображения момента инерции колонны. Не доступно для редактирования, т.к. колонна имеет постоянное сечение.

$Is2$ — поле ввода момента инерции (верхнего) ригеля справа от рассматриваемой колонны. Не доступно для редактирования при установленном флажке **Те же данные, что и слева**.

$Ii2$ — поле ввода момента инерции нижнего ригеля справа от рассматриваемой колонны. Отображается только для колонн средних и верхних этажей многоэтажных рам. Не доступно для редактирования при установленном флажке **Те же данные, что и слева**.

Ic/Is2 — поле ввода соотношения момента инерции колонны к моменту инерции верхнего ригеля справа от рассматриваемой колонны.

Ic/Ii2 — поле ввода соотношения момента инерции колонны к моменту инерции нижнего ригеля справа от рассматриваемой колонны. Отображается только для колонн средних и верхних этажей многоэтажных рам.

Область 6. Расчет

Расчет — кнопка, отвечающая за выполнение расчета.

Результаты — область отображения результатов.

Коэффициент, μ — поле отображения значения коэффициента приведения длины.

Расчетная длина, l_{ef} — поле отображения значения расчетной длины.

Область 7. Работа с окном

Применить — кнопка, отвечающая за перенос результатов расчета в соответствующее поле родительского окна. Изменения параметров в данном окне сохраняются.

Отмена — кнопка, отвечающая за закрытие окна. Изменения параметров в данном окне не сохраняются.

9.10.2 Ступенчатые колонны

Порядок определения расчетной длины ступенчатых колонн (рис. 9.131):

1. При помощи области 1 задать расчетный случай.
2. При помощи области 4 задать параметры рамы.
3. При помощи области 5 выполнить расчет.
4. При помощи области 6 завершить работу с окном.

Область 1. Задание расчетного случая

Количество пролетов — переключатели, посредством которых задается пролетность рамы.

Опирающие стропильные конструкции — переключатели, посредством которых задается тип опирания стропильных конструкций на колонны.

Область 2. Расчетная схема рамы

В этой области отображается расчетная схема рамы в общем виде с обозначением разделения колонны на ступени.

Область 3. Расчетная схема колонны

В этой области отображается расчетная схема колонны с условными обозначениями.

Область 4. Задание параметров колонны

Параметры верхнего участка:

F2 — поле ввода величины силы, действующей на верхний участок колонны.

I_2 — поле ввода момента инерции сечения верхнего участка колонны.

l_2 — поле ввода длины верхнего участка колонны.

Параметры нижнего участка:

F_1 — поле ввода величины силы, действующей на нижний участок колонны.

I_1 — поле ввода момента инерции сечения нижнего участка колонны.

l_1 — поле ввода длины нижнего участка колонны.

Рис. 9.131. Вкладка для определения расчетной длины ступенчатых колонн

Область 5. Расчет

Расчет — кнопка, отвечающая за выполнение расчета.

Результаты для верхнего участка:

μ_2 — поле отображения значения коэффициента приведения длины для верхнего участка колонны.

lef_2 — поле отображения значения расчетной длины верхнего участка колонны.

Использовать в расчете — переключатель, отвечающий за выбор результатов расчета для переноса в соответствующее поле родительского окна.

Результаты для нижнего участка:

$\mu 1$ — поле отображения значения коэффициента приведения длины для нижнего участка колонны.

lef1 — поле отображения значения расчетной длины нижнего участка колонны.

Использовать в расчете — переключатель, отвечающий за выбор результатов расчета для переноса в соответствующее поле родительского окна.

Область 6. Работа с окном

Применить — кнопка, отвечающая за перенос результатов расчета в соответствующее поле родительского окна. Переносимый результат отмечается соответствующим переключателем. Изменения параметров в окне сохраняются.

Отмена — кнопка, отвечающая за закрытие окна. Изменения параметров в окне не сохраняются.

9.10.3 Колонны с неполной связью

Порядок определения расчетной длины колонн с неполной связью (рис. 9.132):

1. При помощи области 1 задать расчетный случай.
2. При помощи области 3 задать параметры рамы.
3. При помощи области 4 выполнить расчет.
4. При помощи области 5 завершить работу с окном.

Вид диалогового окна, а именно содержимое областей 3 и 4, отличается в зависимости от выбранного расположения связи. Поэтому эти области будут рассмотрены отдельно для каждого случая.

Область 1. Задание расчетного случая

Тип опирания стойки — переключатели, посредством которых задается тип опирания стропильных конструкций на колонны.

Расположение связи — переключатели, посредством которых задается расположение связи.

Область 2. Расчетная схема

В этой области отображается расчетная схема рамы и колонны с условными обозначениями.

Область 3. Задание параметров колонны

Полная высота, h — поле ввода высоты колонны.

Высота свободной части, c — поле ввода высоты свободной части колонны.

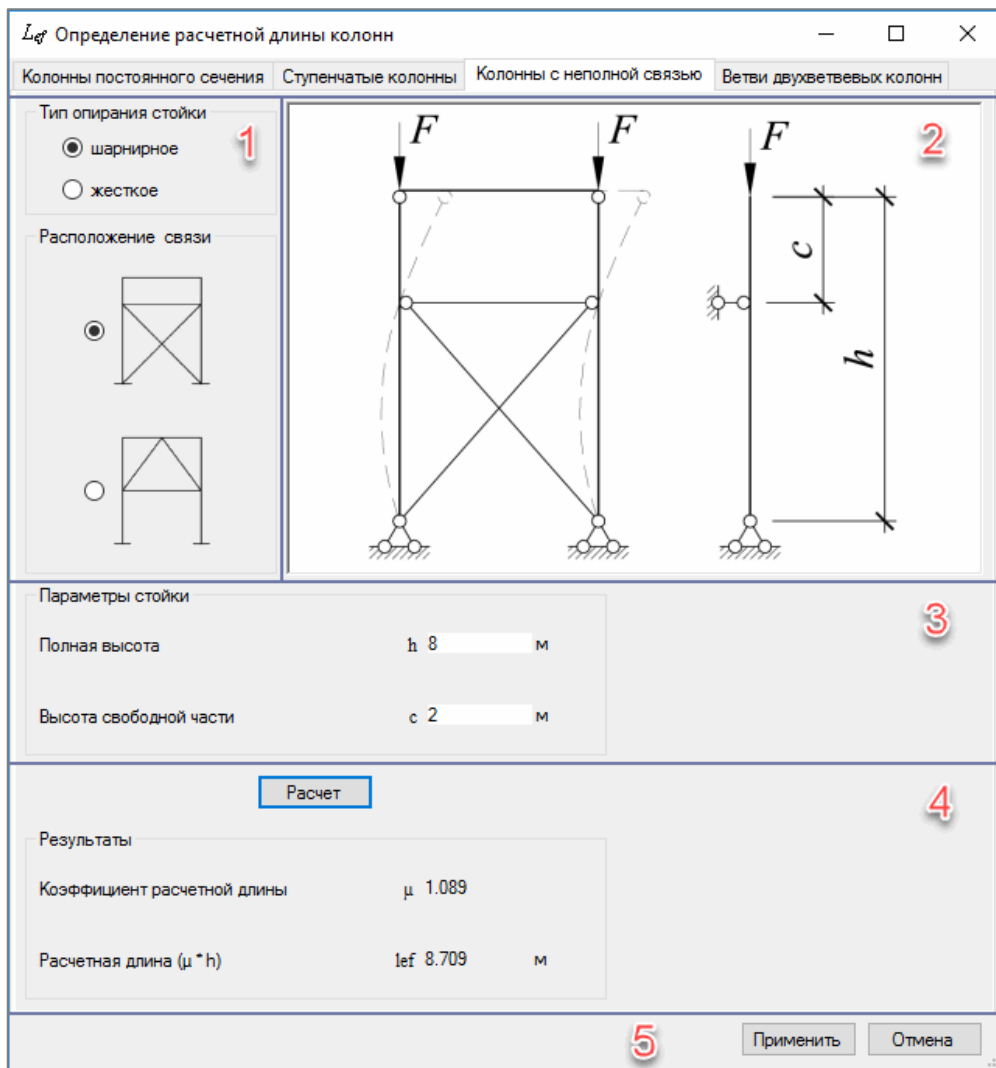


Рис. 9.132. Вкладка для определения расчетной длины колонн с неполной связью (случай для связей, расположенных внизу пролета)

Область 4. Расчет

Расчет — кнопка, отвечающая за выполнение расчета.

Результаты:

Коэффициент расчетной длины, μ — поле отображения значения коэффициента приведения длины колонны.

Расчетная длина ($\mu \cdot h$), l_{ef} — поле отображения значения расчетной длины колонны.

Область 5. Работа с окном

Применить — кнопка, отвечающая за перенос результатов расчета в соответствующее поле родительского окна (переносимый результат отмечается соответствующим переключателем). Изменения параметров в окне сохраняются.

Отмена — кнопка, отвечающая за закрытие окна. Изменения параметров в окне не сохраняются.

Параметры нижнего участка		Параметры верхнего участка	
Высота	$h1$ 8 м	$h2$ 2 м	
Момент инерции	$I1$ 200000 см ⁴	$I2$ 150000 см ⁴	
Нагрузка	$F1$ 15 тс	$F2$ 5 тс	
Расчет			
Результаты для нижнего участка		Результаты для верхнего участка	
Коэффициент расчетной длины	$\mu1$ 2.221	$\mu2$ 15.388	
Расчетная длина	$lef1$ 17.768 м	$lef2$ 30.775 м	
	<input checked="" type="radio"/> использовать в расчете		<input type="radio"/> использовать в расчете

Рис. 9.133. Области задания необходимых параметров и просмотра результатов колонн с неполной связью (случай для связей, расположенных сверху пролета)

Область 3. Задание параметров колонны (рис. 9.133)

Параметры нижнего участка:

Высота, $h1$ — поле ввода высоты нижнего участка колонны.

Момент инерции, $I1$ — поле ввода момента инерции сечения нижнего участка колонны.

Нагрузка, $F1$ — поле ввода величины силы, действующей на нижний участок колонны.

Параметры верхнего участка:

$h2$ — поле ввода высоты верхнего участка колонны.

$I2$ — поле ввода момента инерции сечения верхнего участка колонны.

$F2$ — поле ввода величины силы, действующей на верхний участок колонны.

Область 4. Расчет (рис. 9.133)

Расчет — кнопка, отвечающая за выполнение расчета.

Результаты для нижнего участка:

Коэффициент расчетной длины, $\mu1$ — поле отображения значения коэффициента приведения длины для нижнего участка колонны.

Расчетная длина, $lef1$ — поле отображения значения расчетной длины нижнего участка колонны.

Использовать в расчете — переключатель, отвечающий за выбор результатов расчета для переноса в соответствующее поле родительского окна.

Результаты для верхнего участка:

$\mu2$ — поле отображения значения коэффициента приведения длины для верхнего участка колонны.

$lef2$ — поле отображения значения расчетной длины верхнего участка колонны.

Использовать в расчете — переключатель, отвечающий за выбор результатов расчета для переноса в соответствующее поле родительского окна.

9.10.4 Ветви двухветвевых колонн

Порядок определения расчетной длины ветви двухветвевой колонны (рис. 9.134):

1. При помощи области 1 задать расчетный случай.
2. При помощи области 2 задать параметры рамы.
3. При помощи области 4 выполнить расчет.
4. При помощи области 5 завершить работу с окном.

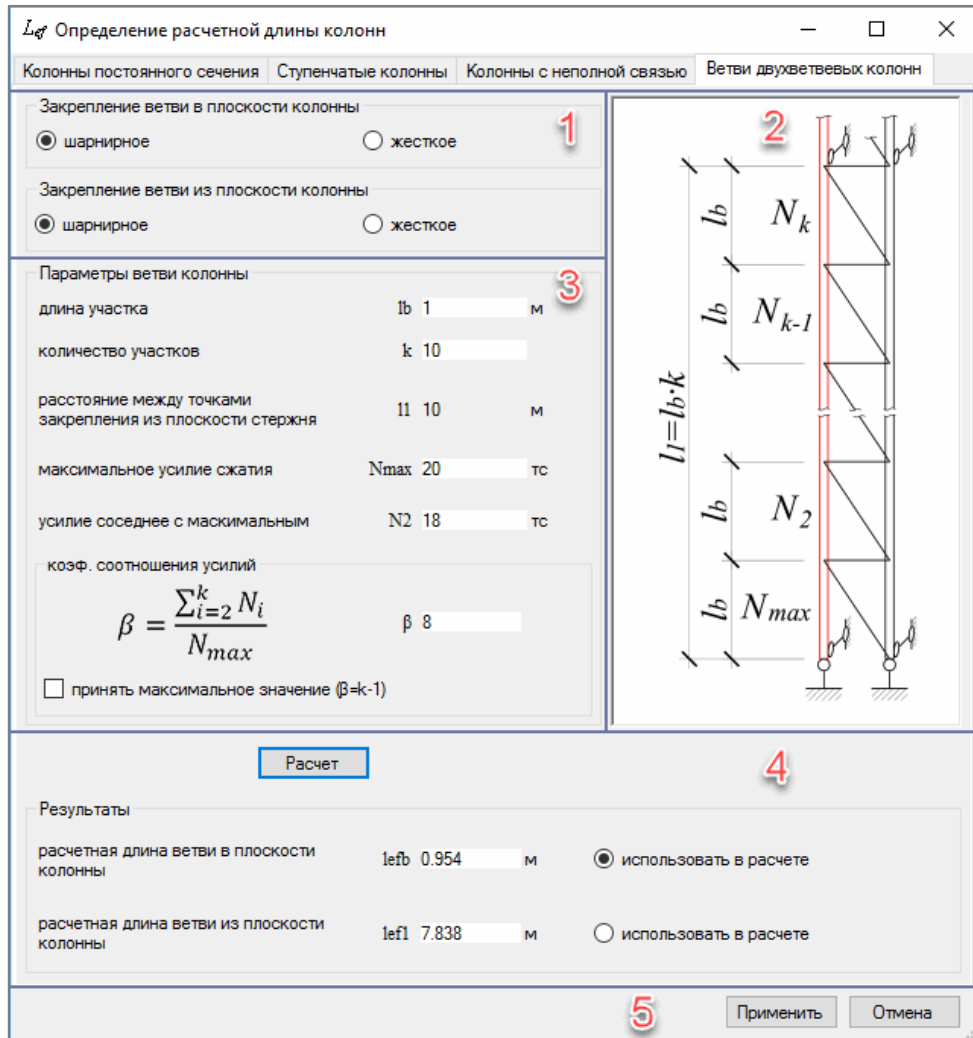


Рис. 9.134. Вкладка для определения расчетной длины ветви двухветвевых колонн

Область 1. Задание расчетного случая

Закрепление ветви в плоскости колонны — переключатели, посредством которых задается тип закрепления ветви в плоскости колонны.

Закрепление ветви из плоскости колонны — переключатели, посредством которых задается тип закрепления ветви из плоскости колонны.

Область 2. Расчетная схема

В этой области отображается расчетная схема колонны с условными обозначениями.

Область 3. Задание параметров ветви колонны

Длина участка, lb — поле ввода длины участка ветви колонны, отделенного элементами, соединяющими ветви.

Количество участков, k — количество участков, на которые разделена ветвь колонны в пределах раскрепления из плоскости.

Расстояние между точками закрепления из плоскости стержня, l1 — поле, в котором отображается произведение $lb \cdot k$.

Максимальное усилие сжатия, Nmax — поле ввода максимального усилия сжатия в рассматриваемой ветви.

Усилие соседнее с максимальным, N2 — поле ввода усилия, соседнего с максимальным. Может быть как растягивающим, так и сжимающим.

Коэффициент соотношения усилий:

$\beta = \frac{\sum_{i=2}^k N_i}{N_{max}}$ — формула определения коэффициента β , здесь $\sum_{i=2}^k N_i$ — сумма продольных усилий, действующих на всех участках, кроме участка с максимальным усилием сжатия.

β — поле ввода посчитанного значения коэффициента соотношения усилий.

Принять максимальное значение ($\beta = k - 1$) — флажок, упрощающий определение β , путем принятия максимального значения.

Область 4. Расчет

Расчет — кнопка, отвечающая за выполнение расчета.

Результаты:

Расчетная длина ветви в плоскости колонны, lefb — поле отображения значения расчетной длины ветви в плоскости колонны.

Расчетная длина ветви из плоскости колонны, lef1 — поле отображения значения расчетной длины ветви из плоскости колонны.

Использовать в расчете — переключатели, отвечающие за выбор результатов расчета для переноса в соответствующее поле родительского окна.

Область 5. Работа с окном

Применить — кнопка, отвечающая за перенос результатов расчета в соответствующее поле родительского окна (переносимый результат отмечается соответствующим переключателем). Изменения параметров в окне сохраняются.

Отмена — кнопка, отвечающая за закрытие окна. Изменения параметров в окне не сохраняются.

9.11 УТИЛИТА ДЛЯ РАСЧЕТА ТОНКИХ СТАЛЬНЫХ НАСТИЛОВ

В данной утилите рассматривается работа тонкой стальной пластины, шарнирно опертой или жёстко заделанной по двум сторонам. Расчёт даёт достаточно точный результат также и для пластины, опертой по четырём сторонам при соотношении сторон не менее 3 для свободно опертой пластины и не менее 2 для пластины с защемлёнными сторонами. Нагрузка принимается равномерно распределённая по площади и вызывает в пластине изгиб от момента и растяжение от распора. Утилита может быть использована для расчёта стального настила ходовых площадок, для расчёта обшивок бункеров с плоскими стенками, обшивок под гидростатическое давление.

Опоры принимаются линейно-неподвижными в обоих направлениях. неподвижность опор может вызывать сомнение, особенно в крайних пролётах настила, но именно такая схема работы предлагается во всей учебной и справочной литературе по строительным стальным конструкциям.

В учебной и справочной литературе приведены приближённые решения этого вопроса, представленные в виде графиков, таблиц, приближённых формул. В ПК ЛИРА 10 реализовано точное решение уравнений (77), стр. 72 и (79), стр. 73 [9.18], предложенное канд. физ.-мат. наук Кукановым Н.И. (Ульяновский Государственный технический университет).

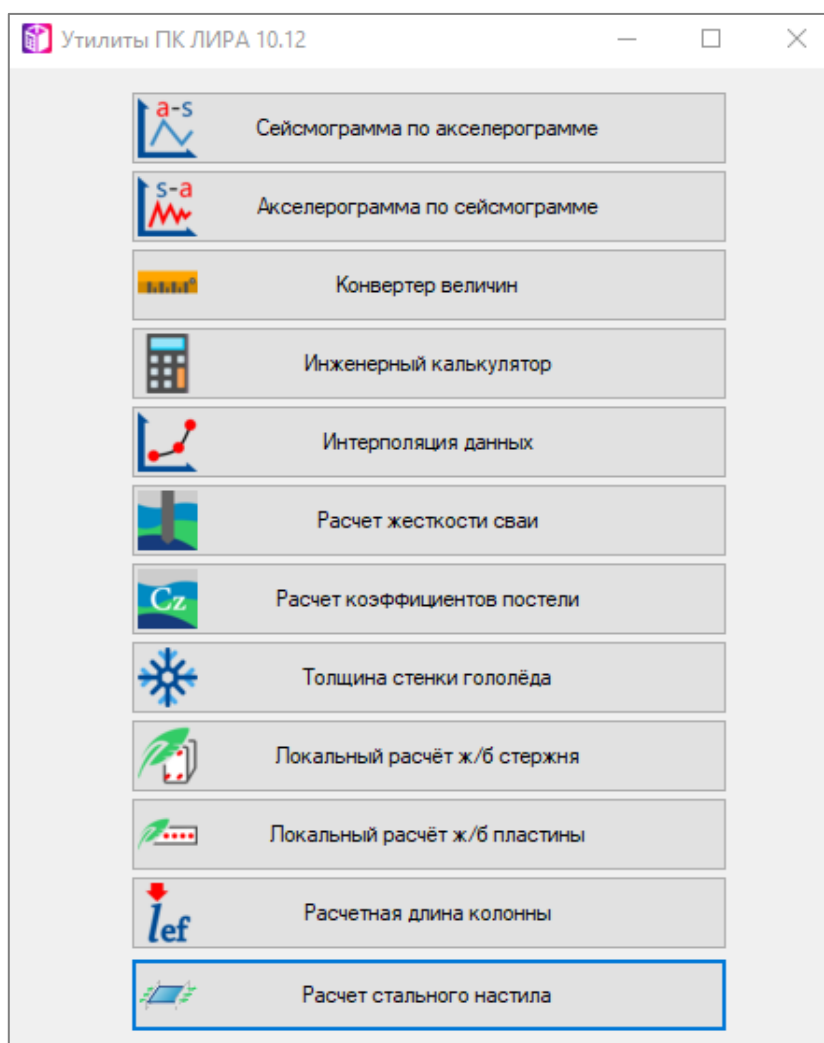


Рис. 9.135. Вызов утилиты расчёта тонкого стального настила

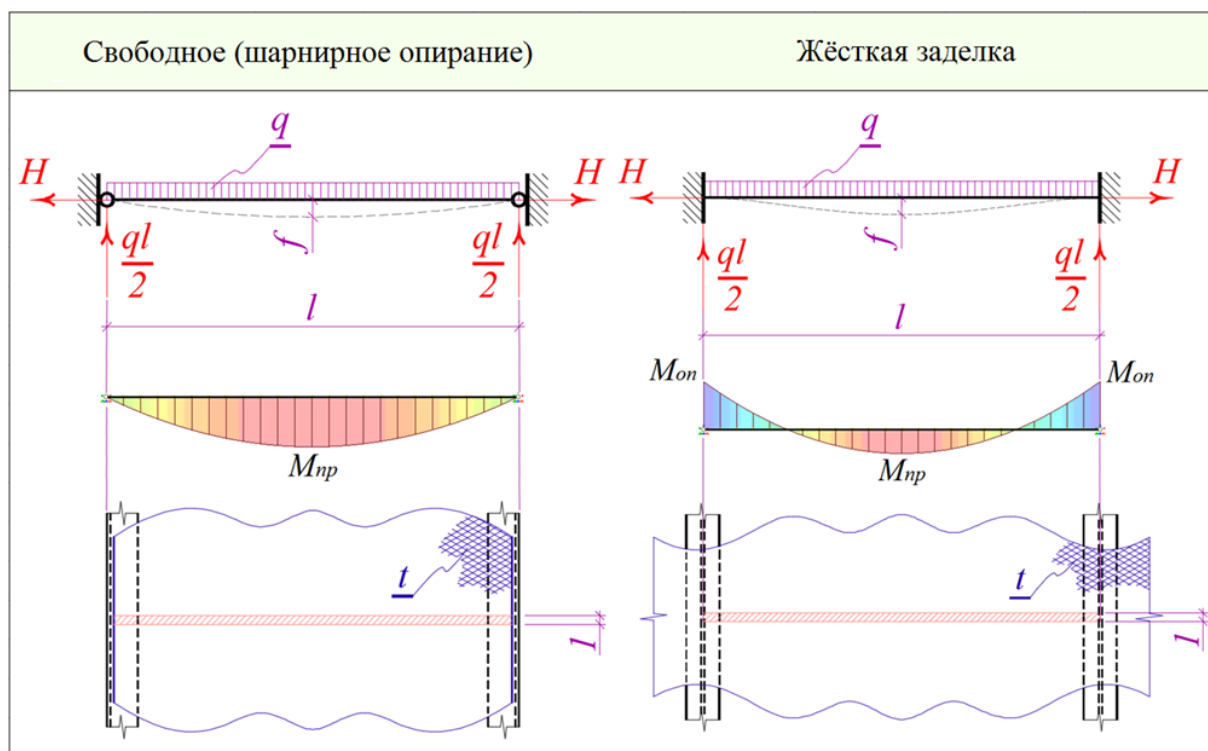


Рис. 9.136. Шарнирная и жёсткая схема работы настила

Для шарнирной схемы параметр α (отношение продольной силы растяжения к критическому значению осевой силы по Эйлеру $\frac{H}{N_{cr}}$ без учёта знаков) определяется, как корень кубического уравнения (77):

$$\alpha (1 + \alpha)^2 = \frac{3f_0^2}{t^2}.$$

Точное решение этого уравнения:

$$\alpha = \frac{2}{3} \left[\operatorname{ch} \left(\frac{\operatorname{arch} (1 + 2\gamma^2)}{3} \right) - 1 \right],$$

где $\gamma = \frac{9f_0}{2t}$, $f_0 = \frac{5q \cdot l^4}{384D}$.

Для жёсткой схемы параметр $\alpha = \frac{H}{N_{cr}}$ определяется как корень кубического уравнения (79):

$$\alpha \left(1 + \frac{\alpha}{4} \right)^2 = \frac{3f_0^2}{t^2},$$

точным решением которого будет:

$$\alpha = \frac{8}{3} \left[\operatorname{ch} \left(\frac{\operatorname{arch} \left(1 + \frac{\gamma^2}{2} \right)}{3} \right) - 1 \right],$$

где $\gamma = \frac{9f_0}{2t}$, $f_0 = \frac{q \cdot l^4}{384D}$.

Расчёт может выполняться как в режиме проверки, так и в режиме подбора толщины настила.

Порядок расчёта (рис. 9.137):

1. Выбрать схему работы настила (**Тип опирания**). Для крайнего пролёта настила рекомендуется шарнирная схема, для среднего предпочтительней жёсткая.
2. Указать **Дополнительные коэффициенты**:
 - **Коэффициент надёжности по ответственности (γ_n)** — задается в соответствии с ГОСТ 27751 (если расчёт производится по СНиП II-23-81*, СП 16.13330.2011 или СП 16.13330.2017), либо в соответствии с ДБН В.1.2-14-2018, табл. 5 (если расчёт производится по ДБН В.2.6-198:2014);
 - **Коэффициент условий работы (γ_c)** — задаётся в соответствии с выбранными нормами (см. п. 9.7.2).

При расчёте плоских стенок бункеров следует также руководствоваться п. 8.8 [9.17].
3. Выбрать **Класс конструкций по виду напряжённо-деформированного состояния**. Указывает на допустимость развития пластических деформаций.
4. Задать **Характеристики стали**:
 - **Модуль упругости (E)** принимается по умолчанию, поскольку он для всех строительных сталей одинаковый;
 - **Коэффициент Пуассона (μ)** (при необходимости можно поставить нулевое значение);
 - **Расчётное сопротивление стали (R_y)**.
5. Указать **Параметры пластины** — пролёт настила, его толщину, а также нормативную и расчётную равномерно-распределённую нагрузку. Если расчёт производится по ДБН В.2.6-198:2014, то указывается, соответственно, эксплуатационная и предельная нагрузка. Если нагрузка на пластину не является равномерной, например, гидростатическое давление или давление сыпучего материала на стенки бункера, то задаётся её среднее значение в пределах пролёта.
6. Указать **Максимально допустимый прогиб** настила от нормативных нагрузок. Он может задаваться как в абсолютных значениях (в миллиметрах), так и в долях пролёта. По умолчанию допустимый прогиб принимается по п. 2 таблицы предельных прогибов в нормах по нагрузкам и воздействиям (СНиП, СП, ДСТУ).
7. Выбрать режим расчёта — **Проверка** или **Подбор** толщины.
8. Для расчёта в режиме подбора указать **Минимальную толщину** настила, начиная с которой будет осуществляться подбор.

В результате расчёта программа выдаёт следующие данные (рис. 9.137):

- **Толщина пластины (t)**. Если расчёт производился в режиме проверки, то она равна заданной.
- **Прогиб от нормативной (эксплуатационной) нагрузки (f)**.
- **Распор от расчётной (предельной) нагрузки (H)**.
- **Погонный изгибающий момент на опоре ($M_{оп}$)**. При шарнирном опирании пластины он равен нулю.
- **Погонный изгибающий момент в пролёте ($M_{пр}$)**.
- **Коэффициент использования по прочности**.
- **Коэффициент использования по прогибу**.
- Вывод о работе пластины — **проходит** или **не проходит**.

Расчет стального настила как тонкой пластины

Равномерно распределенная нагрузка

Тип опирания
 шарнирное жесткое

Дополнительные коэффициенты
 Коэффициент надежности по ответственности (γ_p)
 Коэффициент условий работы (γ_c)

Класс конструкции по виду напряженно-деформированного состояния

Характеристики стали
 Модуль упругости (E) тс/м²
 Коэффициент Пуассона (μ)
 Расчетное сопротивление (Ry) тс/м²

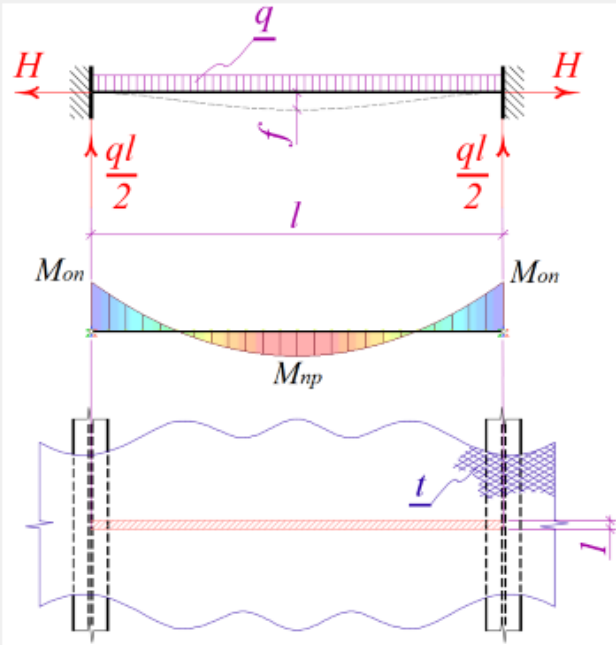
Параметры пластины
 Пролет (l) м
 Толщина (t) мм

Равномерно распределенная нагрузка
 Нормативная (qn) тс/м²
 Расчетная (q) тс/м²

Максимально допустимый прогиб
 В мм*
 В долях пролета 1 /

Минимальная толщина пластины при подборе мм

* Допустимый прогиб по умолчанию принимается по п. 2 таблицы предельных прогибов в нормах по нагрузкам и воздействиям (СНиП, СП, ДБН, ...).



Расчёт

Результаты
 Проверка Подбор

Толщина пластины (t) мм
 Прогиб от нормативной нагрузки (f) мм
 Распор от расчетной нагрузки (H) тс/м
 Погонный момент на опоре (Mop) тс
 Погонный момент в пролете (Mnp) тс
 Коэффициент использования по прочности
 Коэффициент использования по прогибу

Сечение проходит

Отмена

Рис. 9.137. Окно утилиты расчёта тонкого стального настила

9.12 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ЕВРОНОРМАМ

В ПК ЛИРА 10.12 реализованы требования Eurocode для стальных конструкций в соответствии с EN 1993-1-1 и EN 1993-1-5. В Eurocode различают четыре класса сечений. В зависимости от геометрии и набора усилий, для каждого класса используется свой алгоритм проверки прочности и устойчивости.

В программе реализован эффект сдвигового запаздывания для всех 4 классов сечений. Этот эффект проявляется в том, что при чистом изгибе поперечной силой реальной балки, имеющей полки и стенку, напряжения в полке не будут равномерными, а будут уменьшаться с отдалением от стенки. Это явление реализовано с учетом п. 3.2.1 [9.15] для полок швеллера и двутавра. Суть состоит в том, что вместо фактического сечения используется приведенное сечение с уменьшенными размерами. Процедура редуцирования сечения по сдвиговому запаздыванию производится в первую очередь до того, как будут проведены основные проверки по прочности, а также общей и местной устойчивости.

Определение класса сечения производится в соответствии с таблицей 5.2 [9.14]. При этом распределение напряжений оценивается только от осевой силы и изгибающих моментов. Если набор усилий не создает в сечении пластический шарнир, то усилия пропорционально уменьшаются или увеличиваются до того момента, когда пластический шарнир будет реализован. Поиск состояния пластического шарнира производится в программе автоматически по нелинейно-деформационной модели. В протоколе расчета выводится коэффициент α (альфа) для каждой полки и стенки сечения, который характеризует соотношение сжатой и растянутой площади рассматриваемой части сечения при пластическом шарнире. Для двутавра, у которого полки принадлежат к 1-2 классу, а стенка к 3 классу, сечению присваивается 2 класс, но в расчетах при этом используется приведенное редуцирование стенки согласно п. 6.2.2.4 [9.14].

Проверка прочности сечений для 1-2 класса

Прежде всего производится проверка на поперечную силу и кручение по пп. 6.2.6-6.2.7 [9.14]. Для сечений двутавра, швеллера, коробки, уголка на срез отдельно проверяются два направления вдоль локальных осей стержня y и z . Для круглой трубы в учет берется одно направление сдвига в направлении геометрической суммы поперечных сил. Если несущая способность на сдвиг меньше 50%, то в дальнейших расчетах прочности явление сдвига игнорируется. В противном случае, если коэффициент использования по сдвигу будет в пределах 0.5...1, производится редуцирование моментов сопротивления сечения согласно п. 6.2.8 [9.14]. После этого для двутавров и коробок производится попытка посчитать финальную прочность по п. 6.2.9.1 [9.14]. Если характеристики сечения не попадают под условия этого пункта, то расчет производится по консервативной зависимости пункта 6.2.1 (7) [9.14]. Для уголка, швеллера и круглой трубы финальная прочность сечений 1-2 класса оценивается только по зависимости из п. 6.2.1 (7) [9.14].

Дополнительно, для сечений двутавра и коробки, которые находятся на опорах, определяется несущая способность на совместное действие поперечной силы, осевой силы и изгибающего момента по п. 7.1 [9.15].

Проверка прочности для сечений 3 класса

Проверка прочности для сечений 3 класса оценивается по п. 6.2.1 (5) [9.14]. Иными словами, в самых опасных точках (точки с максимальным нормальным и максимальным касательным напряжением) ищется эквивалентное напряжение по теории Губера-Мизеса-Генки и сравнивается с приведенным пределом текучести. При этом касательные напряжения от поперечных сил оцениваются по формуле Журавского для всех сечений, а напряжения от кручения учтены для двутавров и швеллеров, как касательные напряжения от стесненного кручения, а для уголка, коробки и круглой трубы, как касательные напряжения от чистого кручения.

Проверка прочности сечений для 4 класса

Для сечений 4 класса предварительно рассчитывается приведенное сечение с учетом редуцирования участков, которые подвержены местной потере устойчивости до появления пластических деформаций согласно таблицам 4.1-4.2 [9.15]. Далее для эквивалентного сечения считаются приведенные напряжения по теории Губера-Мизеса-Генки и сравнивается с приведенным пределом текучести. При этом касательные напряжения от поперечных сил оцениваются по формуле Журавского для всех сечений, а напряжения от кручения учтены для двутавров и швеллеров, как касательные напряжения от стесненного кручения, а для уголка и коробки, как касательные напряжения от чистого кручения. Касательные напряжения при этом считаются как для цельного сечения без учета его редуцированных участков.

В текущей постановке расчет круглой трубы 4 класса не производится по той причине, что в нормах не описан ее расчет. Рекомендуется такую трубу моделировать с использованием МКЭ пластинчатыми или объемными элементами и считать задачу с учетом начальных несовершенств и геометрической нелинейности.

Проверка местной устойчивости стенок

Данная проверка проводится для сечений двутавра, швеллера и коробки. Расчет производится по п. 5.2 (1) [9.15].

Проверка общей устойчивости

Проверка устойчивости от центрального сжатия осуществляется в соответствии с п. 6.3.1 [9.14]. Ввиду отсутствия полного алгоритма в Еврокодах, упругая критическая сила для крутильной формы потери устойчивости определяется по формуле D13.14 [9.16], а упругая критическая сила для крутильно-изгибной формы потери устойчивости вычисляется по формуле D13.15 [9.16]. Проверка устойчивости по изгибной форме считается по пп. 6.3.2.2-6.3.2.3 [9.14]. Ввиду отсутствия в Еврокоде описания для расчета упругого критического момента для изгибно-крутильной формы, он в программе определяется по формуле D6.10 руководства [9.16]. Проверка устойчивости от совместного действия осевой силы и изгибающих моментов производится по п. 6.3.3 [9.14], поиск коэффициентов взаимодействия при этом производится по методу 1.

Структура окна назначения конструирования (рис. 9.138):

- 1 — **Нормы**, по которым происходит конструирование.
- 2 — **Имя конструирования** — пользователем может быть задано произвольное название.
- 3 — **Описание** — может быть задано пользователем произвольно.
- 4 — **Коэффициент надежности по прочности**. В [9.14] он называется «частный коэффициент безопасности при определении несущей способности поперечных сечений по прочности независимо от класса».
- 5 — **Коэффициент надежности по устойчивости**. В [9.14] он называется «частный коэффициент безопасности при определении несущей способности элемента по устойчивости».
- 6 — **Коэффициент надежности с использованием временного сопротивления стали**. В [9.14] он называется «частный коэффициент безопасности при определении несущей способности поперечных сечений с использованием временного сопротивления стали».
- 7 — **Расчетная длина относительно оси Y1**. Может быть задана как фактическая длина, так и коэффициент к фактической длине конечного или конструктивного элемента.
- 8 — **Расчетная длина относительно оси Z1**. Может быть задана как фактическая длина, так и коэффициент к фактической длине конечного или конструктивного элемента.
- 9 — **Расчетная длина по кручению**, которая используется при проверке по крутильной и изгибно-крутильной форме потери устойчивости. Может быть задана как фактическая длина либо как коэффициент к фактической длине конечного или конструктивного элемента. Или же может быть взята как расчетная длина по оси минимальной жесткости.
- 10 — Окно с вариантами ввода эпюры распределения изгибающего момента вокруг «сильной» оси сечения. Используется при проверках общей устойчивости от изгибающего момента и совместного действия осевой силы и изгибающего момента и служит для определения коэффициента C_1 по таблицам 6.10-6.11 руководства [9.16]. Если эпюру сложно предсказать, то рекомендуется выбрать консервативный вариант **Нагружение концевыми моментами**.
- 11 — Выбор схемы работы конечного или конструктивного элемента. Схема используется для получения эффективных сечений от эффектов сдвигового запаздывания согласно п. 3.2.1 [9.15]. Также по этой схеме определяется, стоит ли элемент на опоре. Для трубы и уголка это поле отсутствует.
- 12 — Поле с вводом поперечных ребер жесткости. Используется только при определении несущей способности поясов на изгиб при потере устойчивости по формуле 5.8 [9.15]. Для трубы и уголка это поле отсутствует.
- 13 — Вид опирания элемента. Появляется только при выборе элемента на опоре. Доступно три варианта опирания согласно рисунку 5.1 (b, c) и 6.1 (c) [9.15]. Используется при проверке местной устойчивости стенок двутавра, швеллера, коробки. Для трубы и уголка это поле отсутствует.
- 14 — Фактическая длина/длины пролета между опорами, в зависимости от выбранной схемы опирания пролета. Для трубы и уголка это поле отсутствует.
- 15 — Размеры опоры согласно рис. 6.1 (c) [9.15], если выбран этот тип опирания. Для трубы и уголка это поле отсутствует.
- 16, 17 — Поля с назначением предельных прогибов в плоскостях $X1OZ1$, $X1OY1$.

Топология двутавров

Нормы **1** EN 1993-1-1 Еврокод 3

Имя **2** Топология двутавров **3** Описание

Первое предельное состояние

Кoeffициент надежности по прочности **4** γ_{m0} 1

Кoeffициент надежности по устойчивости **5** γ_{m1} 1

Кoeffициент надежности с использованием временного сопротивления стали **6** γ_{m2} 1

Расчетная длина относительно Y1

Кoeffициент приведения длины: **7** μ_y 1

Расчетная длина: Lefy 1 м

Определение расчетной длины колонн относительно Y1

Расчетная длина относительно Z1 **8**

Кoeffициент приведения длины: μ_z 1

Расчетная длина: Lefz 1 м

Определение расчетной длины колонн относительно Z1

Расчетная длина для проверки по кручению **9**

Кoeffициент приведения длины: Kit 1

10 M_{max} $-1 \leq \psi \leq 1$ $\psi \cdot M_{max}$ Нагружение кольцевыми моментами

Ребра жесткости **12** не заданы 1.5

13 без элементов жесткости на опоре

Размер опоры **15** S_s 0 м

14 L_1 1 м

11

не использовать коэффициент к длине пролета

Второе предельное состояние

Проверка по деформациям

Прогобы относительно локальной оси Z1(в плоскости X1OZ1): **16**

Деформации относительно локальной оси Y1(в плоскости X1OY1): **17**

Длина пролета

Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепления конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)

Точно Lz1 6

Схема работы:

Балочная Консольная

Допустимый прогиб

Ввести значение 30

В долях пролета Lz1 / 200

Длина пролета

Автоматически (для корректной работы данной функции необходимо задать раскрепления конструктивных элементов в рассматриваемом направлении)

Точно Ly1 6

Схема работы:

Балочная Консольная

Допустимое перемещение

Ввести значение 30

В долях пролета Ly1 / 200

Рис. 9.138. Окно назначения параметров конструирования