Статика. Соединение оконных блоков

Основы статических расчетов оконных конструкций

Принятие во внимание ожидаемых эксплуатационных нагрузок необходимо по причине безопасности. Величины нагрузок и воздействий, а также их сочетание определено в строительных нормах и правилах «Нагрузки и воздействия» - СНиП 2.01.07-85* с изменением №2 от 29.05.03.

Окна не предназначены для восприятия силовых нагрузок со стороны здания. Непосредственно на окна действующие силы, главным образом это ветровая нагрузка, должны быть переданы через окно на строительный объект. При этом элементы окна не должны деформироваться настолько, чтобы вызвать нарушение работы окна и отдельных его элементов.

Жестко закрепленная в проеме коробка с шагом крепежных элементов не превышающим 700 мм (нормы для ПВХ профилей) не подвергается статическим расчетам.

Таким образом, расчету подвергаются только свободностоящие элементы оконной конструкции (импосты, соединители, коробки, пилястры). В качестве расчетного случая изгиба этих свободностоящих элементов рассматривается двухопертая балка с трапециидальной распределенной нагрузкой. Потребная изгибная жесткость определяется по формуле (см. ниже).

Расчет по этой формуле достаточно трудоемок. Поэтому *рекомендуется работать с таблицами*, в которых в зависимости от длины свободностоящего элемента и ширины полей нагрузки уже просчитаны потребный момент инерции и потребная изгибная жесткость из условий допустимого прогиба 1/300 длины этого элемента. Ветровая нагрузка в этих таблицах взята из немецких промышленных норм DIN 1055, которая в большинстве случаев превышает значение ветровой нагрузки просчитанной по СНиП 2.01.07-85* даже с учетом пульсационной составляющей. Поэтому нижеприведенные таблицы в большинстве случаев дают завышенные потребные жесткости расчетных элементов окна, что можно рассматривать как наличие определенного запаса прочности. Для ветровых районов, где нормативное значение ветрового давления выше немецких норм (см. п. 6.4.СНиПа), таких как побережье Камчатки, ветровую нагрузку следует считать по методике изложенной в СНиП 2.01.07-85*.

Итак, формула:

$$E \cdot I_{потр.} = \frac{W \cdot l^4 \cdot b}{1920 \cdot f_{доп.}} \cdot [25 - 40\,(b/l)^2 + 16(b/l)^4]\ [Н \cdot см^2]$$

$E \cdot I_{потр.}$ = потребная изгибная жесткость свободностоящего элемента в Н · см²

W = ветровая нагрузка в соответствии с высотой здания в Н/см²
DIN 1055 дает следующую классификацию:

Высота здания относительно местности	Ветровая нагрузка – обычное здание	Ветровая нагрузка – здание в виде башни
0 - 8 м	0,060 Н/см²	0,080 Н/см²
8 - 20 м	0,096 Н/см²	0,128 Н/см²
20 - 100 м	0,132 Н/см²	0,176 Н/см²
свыше 100 м	0,156 Н/см²	0,208 Н/см²

l = max. длина свободностоящего элемента в см.

b = ширина нагрузки в см (см. нижеследующий пример)

E = модуль упругости расчетного элемента в Н/см²
= $21 \cdot 10^6$ Н/см² сталь; $7 \cdot 10^6$ Н/см² алюминий.

$f_{доп.}$ = допустимый прогиб в см.
По DIN 18 056 допустимо 1/300 · l.

При применении стеклопакетов максимальный прогиб ограничен 8 мм.

Для длины стекол более 240 см значения в таблице, из-за максимально допустимого прогиба для стеклопакетов 8 мм, необходимо корректировать, умножая их на соответствующий поправочный коэффициент.

Поправочный коэффициент для стекол с длиной стороны более 240 см:

Таблица 3:

Длина стороны	**Поправочный**

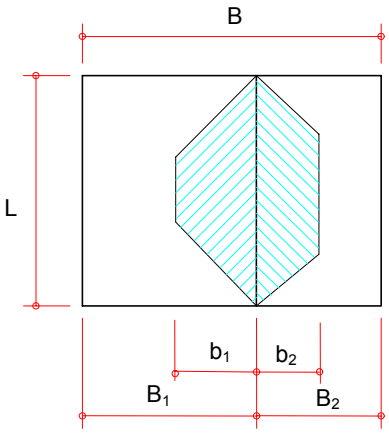
см	коэффициент
250	**1,04**
300	**1,24**
350	**1,45**
400	**1,66**
450	**1,87**

ПРИМЕРЫ

<u>для работы с таблицей 1 «Потребные моменты инерций»</u>

При использовании таблицы 2 «Потребная изгибная жесткость» применять туже методику.

<u>Пример 1:</u>



L = 160 см

B = 200 см

B_1 = 120 см

B_2 = 80 см

Остекление: стеклопакет

«Межопорное расстояние L» является длиной импоста (или в общем случае - длиной свободностоящего элемента).

«Ширина нагрузки b» - половина левой и соответственно правой частей окна,

<u>итак:</u> $B_1/2 = b_1 = 60$ см

$B_2/2 = b_2 = 40$ см

<u>С таблицей необходимо работать следующим образом:</u>

1. В столбце «Межопорное расстояние L» найти строку «160 см».

2. В этой строке двигаться направо до пересечения со столбцом «Ширина нагрузки b» b_1 = 60 см.

   Получаем значение: **2,1**

3. Для правой половины окна при «Межопорном расстоянии L» 160 см и «Ширине нагрузки b» b_2 = 40 cm

   получаем по аналогии значение: **1,6**

4. Чтобы получить потребный момент инерции, значения для левой и правой частей окна надо сложить:

   2,1 + 1,6 = **3,7** = потребный момент инерции $см^4$

5. В нашем случае длина стороны стеклопакета меньше 2,40 м (L < 2,40 м). Поэтому вычисления выполнены по максимально допустимому прогибу 1/300 L со значениями из таблицы 1 или 2. Поправочные коэффициенты из таблицы 3 не требуются.

6. Полученное значение 3,7 $см^4$ действительно только для высоты монтажа до 8 м! При больших высотах установки окон полученное значение необходимо умножать на коэффициент увеличения нагрузки (см. таблицы 1 и 2).

<u>Коэффициент увеличения нагрузки для высоты установки окон > 8 м:</u>

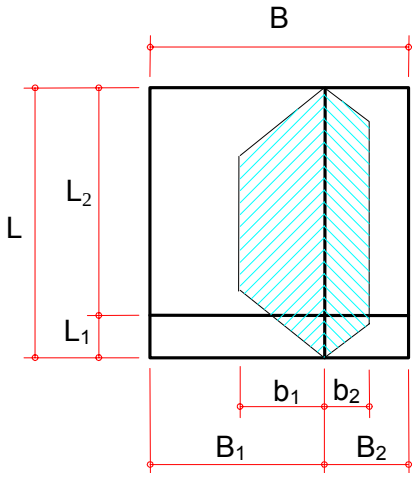
Высота установки м	**Коэффициент увеличения ветровой нагрузки**
8 - 20	1,6
20 - 100	2,2

<u>В нашем примере:</u>

Потребный момент инерции $см^4$ при:

высоте установки: 0 - 8 м		3,7 $см^4$
высоте установки: 8 - 20 м	3,7 x 1,6 =	5,92 $см^4$
высоте установки: 20 - 100 м	3,7 x 2,2 =	8,14 $см^4$

<u>Пример 2:</u>



L = 350 см

L_1 = 50 см

L_2 = 300 см

B = 300 см

B_1 = 200 см

B_2 = 100 см

Остекление: стеклопакет

«Межопорное расстояние L» является длиной импоста (или в общем случае - длиной свободностоящего элемента).

«Ширина нагрузки b» - половина левой и соответственно правой частей окна,

<u>итак:</u> $B_1/2 = b_1 = 100$ см

$B_2/2 = b_2 = 50$ см

<u>С таблицей необходимо работать следующим образом:</u>

1. В столбце «Межопорное расстояние L» найти строку «350 см».

2. В этой строке двигаться направо до пересечения со столбцом «Ширина нагрузки b» b_1 = 100 см.

   Получаем значение: **41,8**

3. Для правой половины окна при «Межопорном расстоянии L» 350 см и «Ширине нагрузки b» b_2 = 50 cm

   получаем по аналогии значение: **23,1**

4. Чтобы получить потребный момент инерции, значения для левой и правой частей окна надо сложить:

   41,8 + 23,1 = **64,9**

5. В нашем случае длина стороны стеклопакета больше 2,40 м (L_2 = 300 cm).
   Расчеты должны учитывать допустимый прогиб стеклопакета - 8 мм. Поэтому «потребный момент инерции» необходимо умножить на поправочный коэффициент (таблица 3).

Потребный момент инерции *(пример)*:	**64,9 см^4**
Поправочный коэффициент из таблицы 3 для длины стороны стеклопакета 300 см	1,24

64,9 x 1,24 = **80,48** = потр. момент инерции см^4

6. Полученное значение 80,48 см^4 действительно только для высоты монтажа до 8 м!
При больших высотах установки окон полученное значение необходимо умножать на коэффициент увеличения нагрузки (см. таблицы 1 и 2).

Коэффициент увеличения нагрузки для высоты установки окон > 8 м:

Высота установки м	**Коэффициент увеличения ветровой нагрузки**
8 - 20	1,6
20 - 100	2,2

В нашем примере:

Потребный момент инерции см^4 при:

высоте установки: 0 - 8 м **80,48** см^4

высоте установки: 8 - 20 м 80,48 x 1,6 = **128,77** см^4

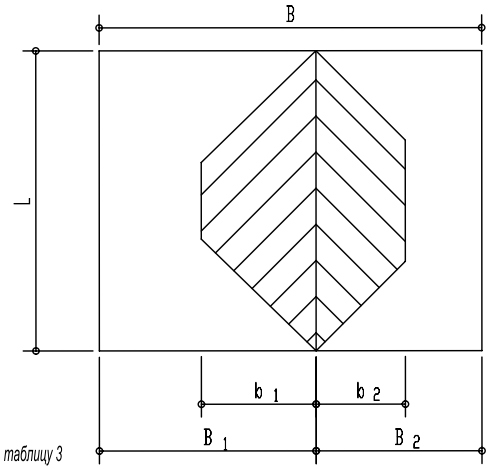
высоте установки: 20 - 100 м 80,48 x 2,2 = **177,06** см^4

Потребный момент инерции I_x (см ^{4})

для стальных армирующих профилей - max. прогиб 1/300 L

Действует для ветровой нагрузки до 600 Н/кв.м = высота здания до 8 м
Коэффициент увеличения нагрузки : высота здания до 20 m - 1.6
высота здания до 100 m - 2.2

Таблица 1	Ширина нагрузки b(см)																			
Межопорное расстояние L(см)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
100	0,2	0,2	0,3	0,3																
110	0,2	0,3	0,4	0,5																
120	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7															
130	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0															
140	0,5	0.8	1,0	1,2	1,3	1,3														
150	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,7														
160	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,2	2,3													
170	1,0	1,5	2,0	2,3	2,6	2,8	2,9													
180	1,2	1,8	2,4	2,8	3,2	3,5	3,6	3,7												
190	1,5	2,2	2,8	3,4	3,8	4,2	4,5	4,6												
200	1,7	2,5	3,3	4,0	4,6	5,0	5,4	5,6	5,7											
210	2,0	3,0	3,8	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	6,9											
220	2,3	3,4	4,5	5,4	6,3	7,0	7,6	8,0	8,2	8,3										
230	2,6	3,9	5,1	6,2	7,2	8,1	8,8	9,4	9,7	9,9										
240	3,0	4,5	5,9	7,1	8,3	9,3	10,2	10,9	11,4	11,7	11,8									
250	3,4	5,1	6,6	8,1	9,5	10,7	11,7	12,6	13,2	13,7	13,9									
260	3,8	5,7	7,5	9,2	10,7	12,1	13,4	14,4	15,2	15,8	16,2	16,3								
270	4,3	6,4	8,4	10,3	12,1	13,7	15,1	16,4	17,4	18,1	18,6	18,9								
280	4,8	7,2	9,4	11,6	13,6	15,4	17,1	18,5	19,7	20,7	21,3	21,8	21,9							
290	5,4	8,0	10,5	12,9	15,2	17,3	19,2	20,8	22,2	23,4	24,3	24,9	25,2							
300	5,9	8,8	11,7	14,4	16,9	19,2	21,4	23,3	25,0	26,4	27,4	28,2	28,7	28,9						
310	6,6	9,8	12,9	15,9	18,7	21,4	23,8	26,0	27,9	29,5	30,9	31,9	32,5	32,9						
320	7,2	10,8	14,2	17,5	20,7	23,6	26,4	28,8	31,0	32,9	34,5	35,8	36,7	37,2	37,4					
330	7,9	11,8	15,6	19,3	22,8	26,0	29,1	31,9	34,4	36,6	38,4	39,9	41,1	41,9	42,3					
340	8,7	12,9	17,1	21,1	25,0	28,6	32,0	35,1	38,0	40,5	42,6	44,4	45,8	46,9	47,5	47,7				
350	9,5	14,1	18,7	23,1	27,3	31,3	35,1	38,6	41,8	44,6	47,1	49,2	50,9	52,2	53,1	53,5				
360	10,3	15,4	20,4	25,2	29,8	34,2	38,4	42,2	45,8	49,0	51,8	54,3	56,3	57,9	59,0	59,7	59,9			
370	11,2	16,7	22,1	27,4	32,5	37,3	41,9	46,1	50,1	53,7	56,9	59,6	62,0	63,9	65,4	66,3	66,8			
380	12,1	18,1	24,0	29,7	35,2	40,5	45,5	50,2	54,6	58,6	62,2	65,4	68,1	70,3	72,1	73,4	74,2	74,4		
390	13,1	19,6	26,0	32,2	38,2	43,9	49,4	54,6	59,4	63,8	67,8	71,4	74,5	77,1	79,3	80,9	82,0	82,5		
400	14,2	21,2	28,1	34,8	41,3	47,5	53,5	59,1	64,4	69,3	73,8	77,8	81,3	84,3	86,9	88,8	90,2	91,1	91,4	
450	20,2	30,2	40,1	49,3	59,2	68,4	77,2	85,7	93,3	101,0	108,0	115,0	121,0	126,0	131,0	135,0	139,0	142,0	144,0	145,0



*учитывать таблицу 3

L = межопорное расстояние (см)

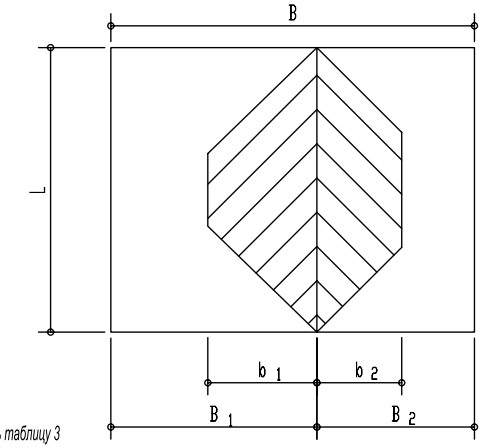
b_1, b_2 = ширина нагрузки (см)

Потребная изгибная жесткость $EI_x \cdot (H\,см)^2 \cdot 10^6$

для max. прогиба 1/300 L

Действует для ветровой нагрузки до 600 Н/кв.м = высота здания до **8 м**
Коэффициент увеличения нагрузки : высота здания до **20 m - 1.6**
высота здания до **100 m - 2.2**

Таблица 2	Ширина нагрузки b(см)																			
Межопорное расстояние L(см)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
100	4,4	6,1	7,1	7,5																
110	5,9	8,3	10,0	10,9																
120	7,7	11,0	13,5	15,0	15,6															
130	9,9	14,2	17,6	20,0	21,3															
140	12,5	17,9	22,5	25,9	28,1	28,8														
150	15,4	22,2	28,1	32,8	36,1	37,8														
160	18,7	27,2	34,7	40,8	45,4	48,2	49,2													
170	22,5	32,8	42,1	49,9	56,0	60,2	62,4													
180	26,8	39,2	50,4	60,2	68,1	74,0	77,5	78,7												
190	31,6	46,3	59,8	71,7	81,7	89,4	94,7	97,4												
200	36,9	54,2	70,3	84,6	96,9	107	115	119	120											
210	42,8	63,0	81,9	98,9	114	127	136	143	146											
220	49,3	72,7	94,6	115	133	148	160	169	174	176										
230	56,3	83,2	109	132	153	172	187	198	206	210										
240	64,1	94,8	124	151	176	197	216	230	241	247	249									
250	71,4	108	139	171	200	225	246	265	278	288	292	* учитывать таблицу 3								
260	79,8	120	158	194	225	255	282	303	320	332	341	343								
270	90,3	135	177	217	255	288	318	345	366	381	391	397								
280	101	152	198	244	286	324	360	389	414	435	448	458	460							
290	114	169	221	271	320	364	404	437	467	492	511	523	530							
300	124	185	246	303	355	404	450	490	525	555	576	593	603	607						
310	139	206	271	334	393	450	500	546	586	620	649	670	683	691						
320	152	227	299	368	435	496	555	605	651	691	725	752	771	782	786					
330	166	248	328	406	479	546	612	670	723	769	807	838	864	880	889					
340	183	271	360	444	525	601	672	738	798	851	895	933	962	985	998	1002				
350	200	297	393	486	574	658	738	811	878	937	990	1034	1069	1097	1116	1124				
360	217	324	429	530	626	719	807	887	962	1029	1088	1141	1183	1216	1239	1254	1258			
370	236	351	465	576	683	739	880	969	1052	1128	1195	1252	1302	1342	1374	1393	1403			
380	255	381	505	624	740	851	956	1054	1147	1231	1306	1374	1431	1477	1515	1542	1559	1563		
390	276	412	546	677	803	922	1037	1146	1248	1340	1424	1450	1565	1620	1666	1699	1722	1733		
400	299	446	591	731	868	998	1124	1241	1353	1456	1550	1634	1707	1771	1825	1865	1895	1914	1920	
450	425	635	843	1035	1243	1436	1621	1800	1960	2121	2268	2415	2541	2646	2751	2835	2919	2982	3024	3045



L = межопорное расстояние (см)

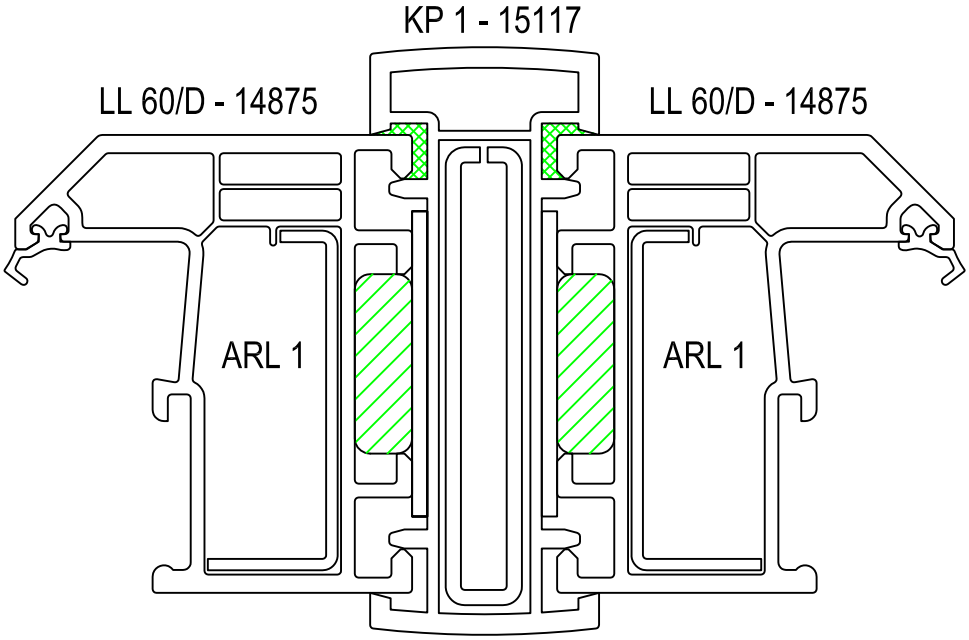
b_1, b_2 = ширина нагрузки (см)

Моменты инерции, изгибная жесткость стальных армирующих профилей

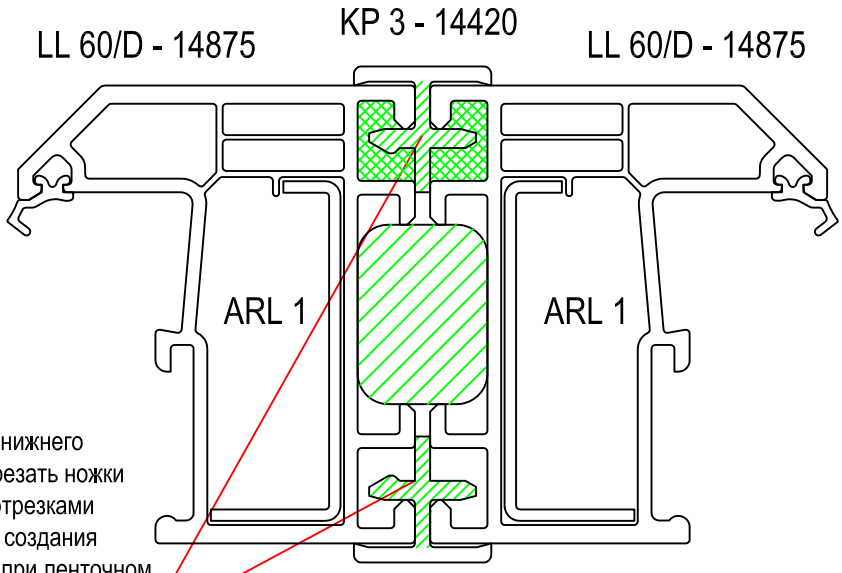
Армирующий профиль		I_x (cm^4)	$E*I_x$ (Ncm^2)10^{-6}	I_y (cm^4)	$E*I_y$ (Ncm^2)10^{-6}	Применяется в в ПВХ профиле
ARL 1	17/44,5/7,5 s=1.5	2.41	50.61	0.18	3.78	LL60/D, ZL 60/D, TL 60/D
ART 1	17/44,5 s=1.5	3.85	80.85	0.85	17.85	TL 60/D
NA 3 15160	40/30 s=1.5	4.6	96.6	2.9	60.9	KP 100
NA 21 14260	25/25 s=2.0	1.54	32.34	1.54	32.34	KP 40
NA 30 14591	60/10 s=2.0	8.6	180.6	0.39	8.19	KP 1
NA 32 15167	32/21 s=2.0	20.0	420.0	1.27	26.67	KP 14
SA 2 14592	10/30 s=2.0	1.22	25.62	0.19	3.99	KP 12
Стальная труба	Ø42.4 s=3.25	7.71	161.91	7.71	161.91	EV 20
NA 44 14081	41,5/25 s=1.5	4.22	88.62	1.70	35.7	T23/FD

Соединение оконных блоков

Силикон применять в случае, если подставочный профиль снизу закрывает указанные зазоры



ARL 1 Ix = 2,41 cm^4
NA 30 Ix = 8,6 cm^4

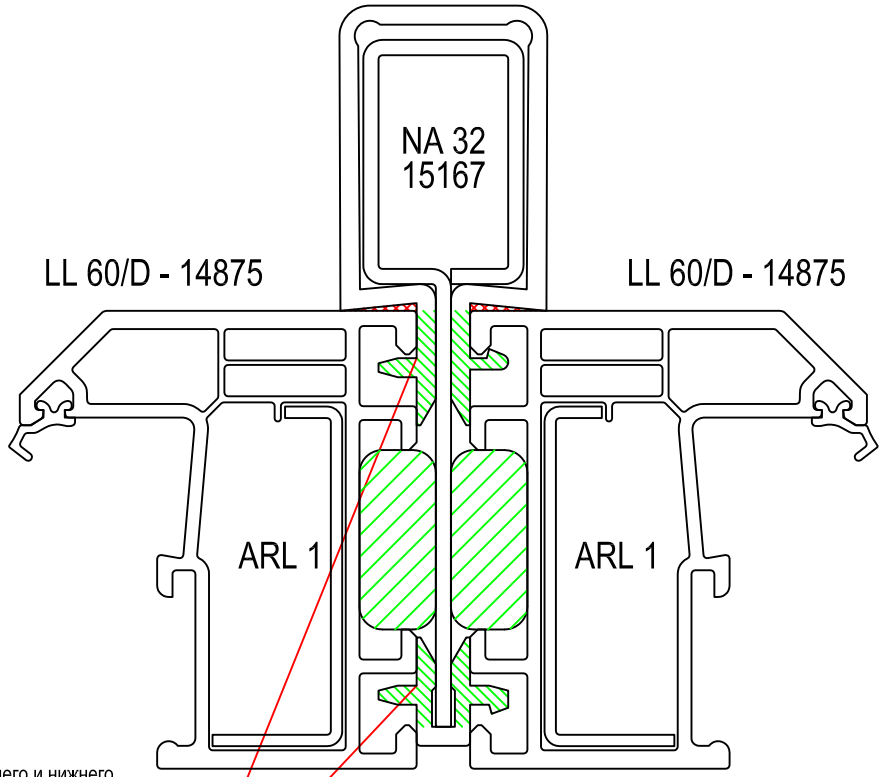


От верхнего и нижнего углов блока срезать ножки соединителя отрезками по 150 мм для создания термозазоров при ленточном остеклении

ARL 1 Ix = 2,41 cm^4

Соединение оконных блоков

Силикон применять в случае, если подставочный профиль снизу закрывает указанные зазоры

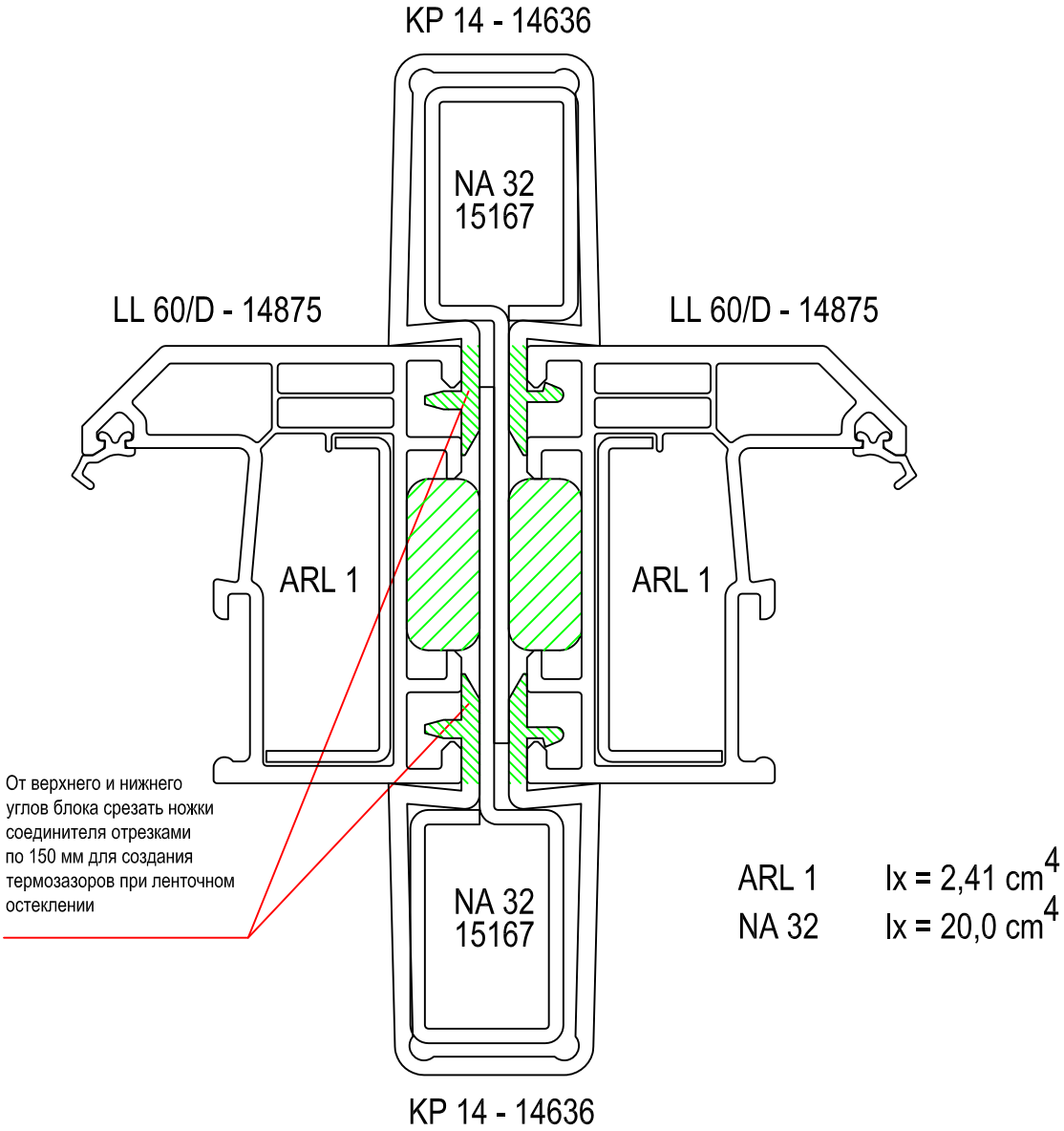


От верхнего и нижнего углов блока срезать ножки соединителя отрезками по 150 мм для создания термозазоров при ленточном остеклении

ARL 1	Ix = 2,41 cm^4
NA 32	Ix = 20,0 cm^4

Соединение оконных блоков

Силикон применять в случае, если подставочный профиль снизу закрывает указанные зазоры



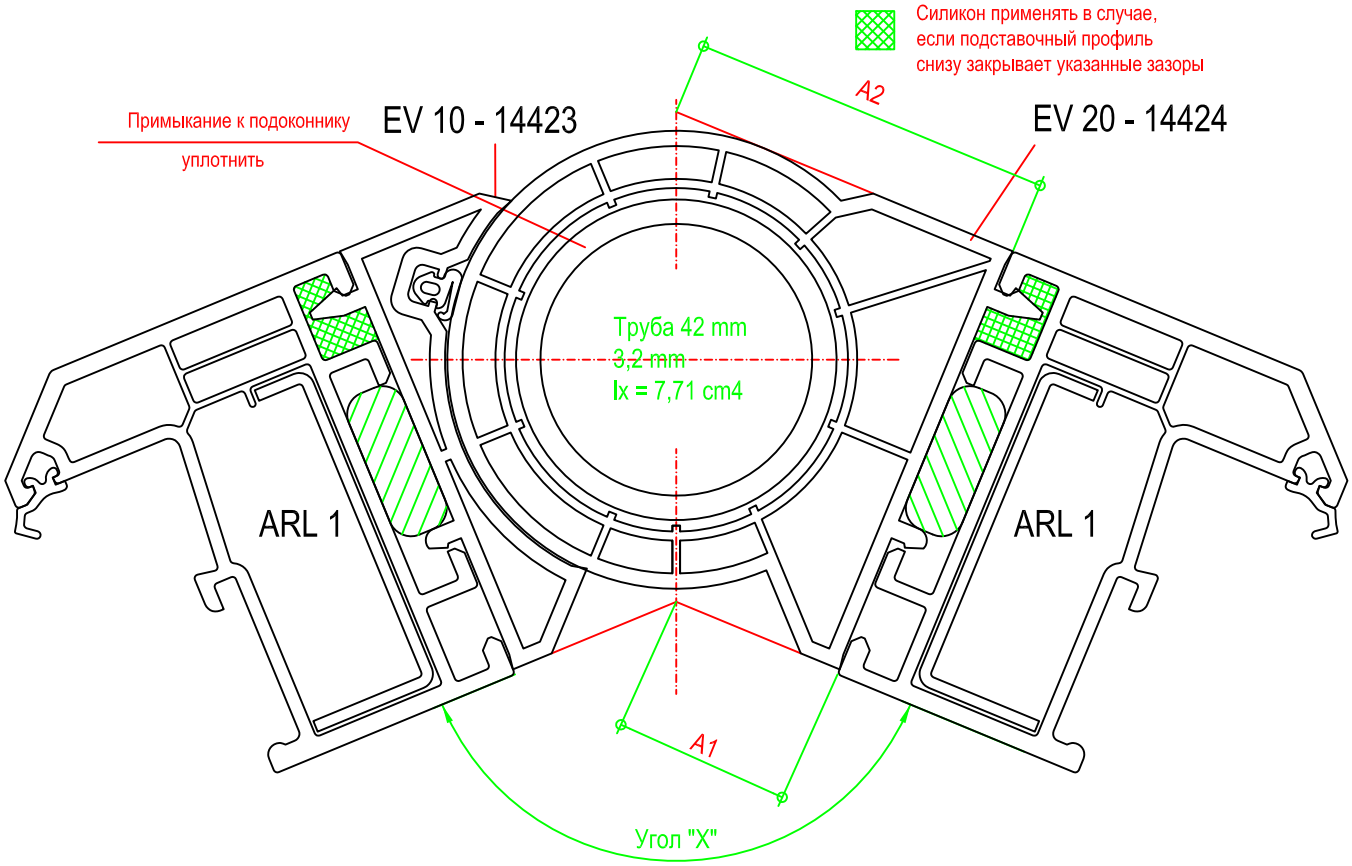
ARL 1	Ix = 2,41 cm^4
NA 32	Ix = 20,0 cm^4

Моменты инерции:

а) Одно армирование	ARL 1	Ix = 2,41 cm^4
	NA 32	Ix = 20,0 cm^4
б) Удвоенное армирование (как показано)	2 x ARL 1	Ix = 4,82 cm^4
	2 x NA 32	Ix = 40,0 cm^4
	Сумма:	Ix = 44,82 cm^4
Альтернатива:	2 x ARL 1	Ix = 4,82 cm^4
	NA 32 (сварены)	Ix = 105,0 cm^4
	Сумма:	Ix = 109,82 cm^4

Эркерное соединение
оконных блоков

Вычитаемые размеры для EV 10/ EV 20



ARL 1 $I_x = 2.41\ cm^4$
Стальная труба $I_x = 7.71\ cm^4$

Угол "X"	Вычитаемый A_1	Вычитаемый A_2
90°	5.7 mm	65.0 mm
95°	8.2 mm	62.5 mm
100°	10.4 mm	60.2 mm
105°	12.5 mm	58.0 mm
110°	14.5 mm	56.0 mm
115°	16.3 mm	54.1 mm
120°	18.1 mm	52.3 mm
125°	19.8 mm	50.6 mm
130°	21.3 mm	49.0 mm
135°	22.9 mm	47.4 mm

Угол "X"	Вычитаемый A_1	Вычитаемый A_2
140°	24.3 mm	45.9 mm
145°	25.8 mm	44.5 mm
150°	27.2 mm	43.0 mm
155°	28.5 mm	41.7 mm
160°	29.8 mm	40.3 mm
165°	31.1 mm	39.0 mm
170°	32.4 mm	37.6 mm
175°	33.7 mm	36.3 mm
180°	35.0 mm	35.0 mm