ALUTECH
GROUP OF COMPANIES

Профильные системы

ALUTECH ALT 150 КГ

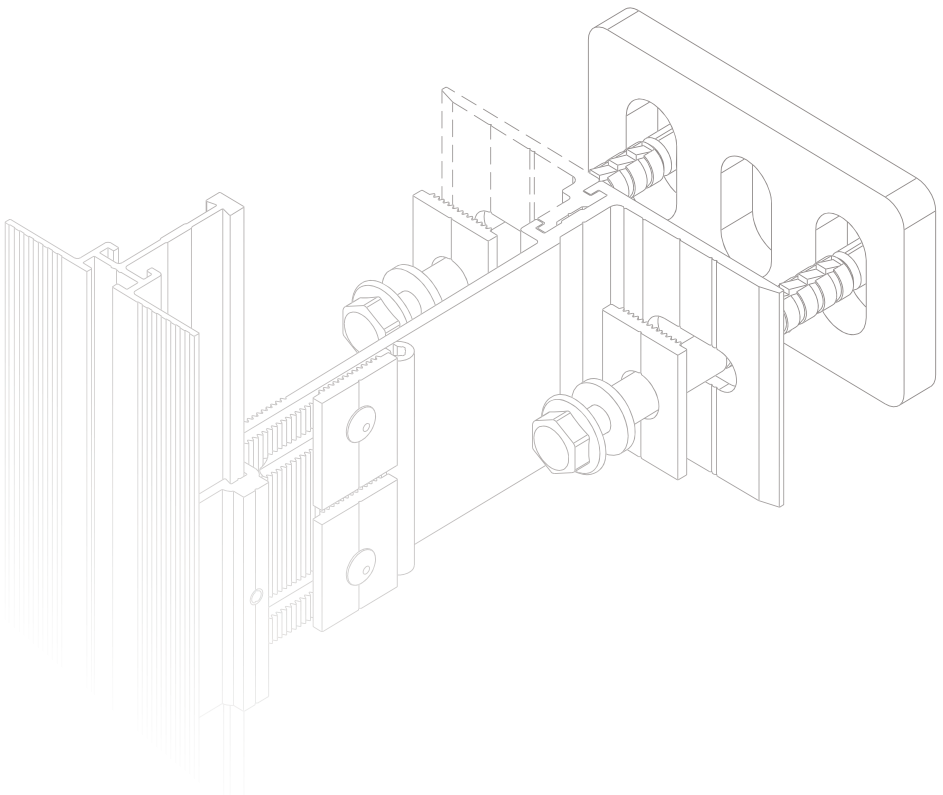
Система навесного фасада с вентилируемым воздушным зазором

Система навесного фасада с вентилируемым воздушным зазором ALT150

01. Описание системы ..... 01.01 – 01.05
02. Спецификация применяемых изделий и материалов ..... 02.01 – 02.08
03. Узлы сопряжений ..... 03.01 – 03.12
04. Узлы примыканий ..... 04.01 – 04.13
05. Схемы крепления утеплителя ..... 05.01 – 05.03
06. Схема крепления противопожарных отсечек 06.01
07. Нагрузки ..... 07.01 – 07.05
08. Расчетные схемы и статические расчеты ..... 08.01 – 08.48

ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ



Система навесного фасада с вентилируемым воздушным зазором ALT150 по основным принципиальным свойствам является классическим вариантом наружной многослойной ограждающей конструкции с разделенными функциями.

Общий вид подконструкции представлен на стр. 01.03. В системе ALT150КГ предусмотрены два варианта подконструкции: упрощенный с Т-образной направляющей (АУРС.150.0102) и L-образным кронштейном без регулировочного элемента (на стр. 01.03 условно не показана).

Конструктивной особенностью кронштейнов является наличие профильного паза для установки (при необходимости) доборного кронштейна. Это связано с проблемой невысокой несущей способности дюбельного крепления в ячеистом бетоне, который применяется достаточно широко. Доборный кронштейн устанавливается в случае необходимости повышения несущей способности узла крепления за счет установки дополнительного дюбельного крепления. При этом несущая способность повышается как за счет увеличения количества дюбелей, так и за счет более симметричной передачи нагрузки на дюбели. Доборный кронштейн может устанавливаться как заранее на основной кронштейн, так и в процессе монтажа. (Последний вариант может применяться и на прочных основаниях в случае «неудачной» постановки основного дюбеля-провал или значительный эксцентриситет).

Информация о работе парных дюбелей в ячеистом бетоне в каталогах фирм-производителей практически отсутствует и, как правило, по аналогии с крепежом распорного типа в обычных бетонах ограничивается фразой «не рекомендуется». На стенах из ячеистых бетонов наилучшим образом работают «безраспорные» дюбели, примером которых могут служить дюбели фирмы EJOT типа SDP. При испытаниях парных дюбелей (база – 60мм) в ячеистых бетонах случаев появления трещин в зоне дюбелей в момент установки и после вырыва не происходило, а несущая способность увеличивалась практически в два раза. Наиболее удобным способом монтажа дюбелей является «сквозной» монтаж, при котором дюбельная втулка устанавливается через отверстия в кронштейнах. При этом пластиковая втулка дюбеля с буртиком изолирует стальной винт от алюминиевых изделий. Конструктивной особенностью направляющей АУРС.150.0101 является наличие «бульбы», повышающей эффективность использования сечения по прочности (более подробно см. стр. 08.17), а также служащей профильным выступом для зацепления с регулировочным элементом, что обеспечивает компенсацию температурных и усадочных деформаций и повышает надежность соединений. В упрощенном варианте температурные компенсации обеспечиваются за счет овальных отверстий в кронштейнах. При этом для повышения несущей способности заклепочного соединения в овальном отверстии (в особенности при одиночном заклепочном соединении), возможна установка зубчатой шайбы (см. стр. 03.02, 03.08). В этом случае передача горизонтальных ветровых усилий выполняется зубчатым зацеплением шайбы АУРС.150.0708 с соответствующей профилированной частью кронштейна.

Для удобства монтажа направляющей на регулировочном зацепе, примыкающем к несущему кронштейну, возможна установка монтажной скобы зацепа, с помощью которой можно навешивать направляющую с зафиксированным регулировочным зацепом на несущий кронштейн.

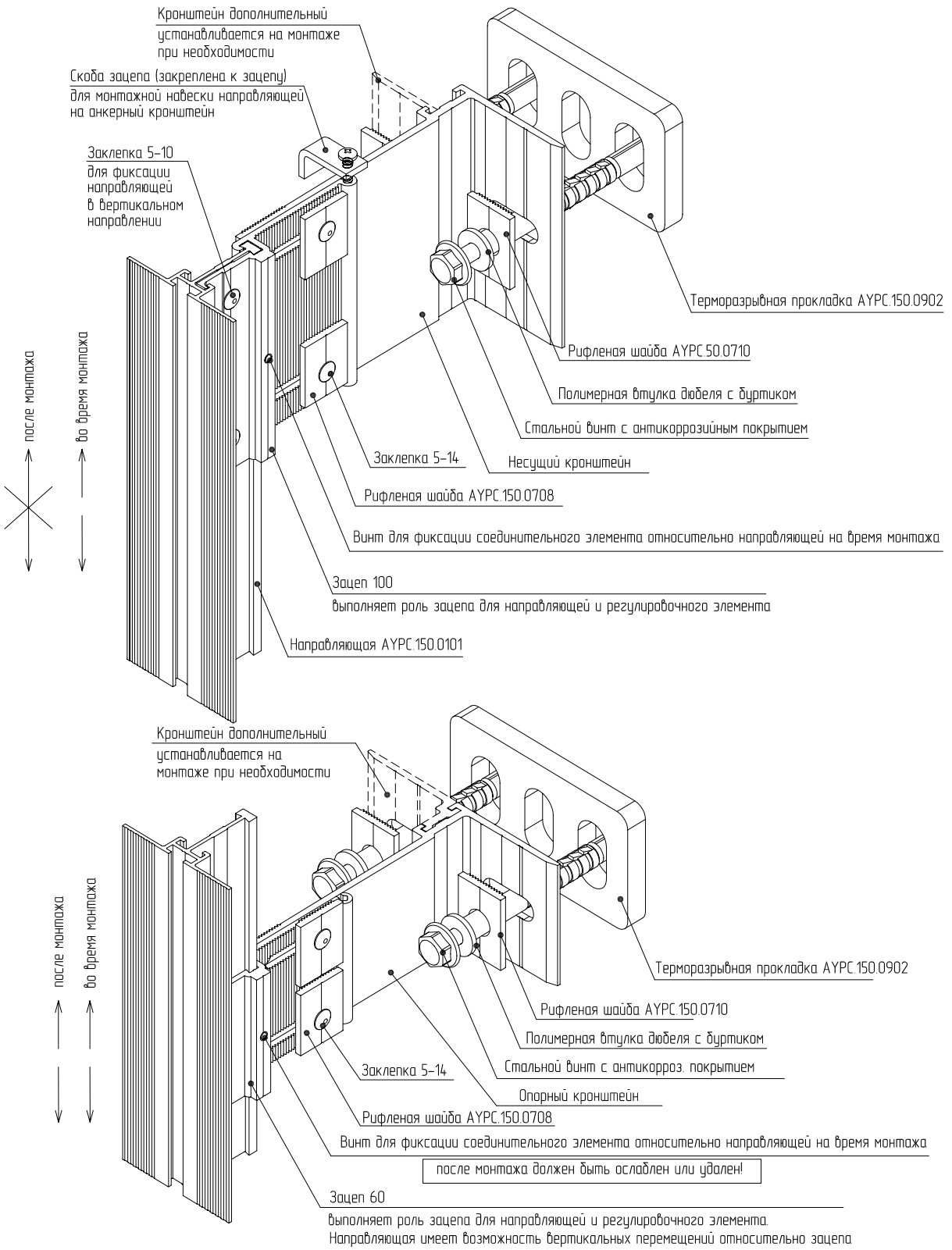
Крепление керамогранитных плит выполняется на кляммерах. На направляющую АУРС.150.0102 устанавливаются кляммеры из нержавеющей стали (рядовой и концевой). На направляющую АУРС.150.0101 возможна установка как комбинированного кляммера (основной вариант), так и вышеуказанных (стр. 01.03) Комбинированный кляммер состоит из алюминие-

вого основания и скоб из нержавеющей стали. Конструкция комбинированного кляммера обеспечивает дополнительное крепление с помощью профильного зацепления с пазом направляющей AYPC.150.0101 и позволяет заводить кляммеры в любом месте направляющей. Возможна установка в шахматном порядке. Кляммер позволяет устанавливать зазоры между плитками от 7 до 18 мм при постоянной величине захода скобы за плитку. Эффективен при устройстве температурного стыка облицовки вразбежку с температурным стыком направляющих, позволяет компенсировать температурные деформации до 11 мм. На направляющую AYPC.150.0101 все вышеуказанные кляммеры можно устанавливать совместно, причем в зоне термостыка рекомендуется устанавливать комбинированный кляммер. Все три типа кляммеров позволяют выполнять разворот керамогранитных плиток на одной направляющей согласно стр. 04.03.

Комплектующие системы выбираются из перечня изделий, допущенных к применению в системах навесных вентилируемых фасадов с воздушным зазором согласно рекомендациям ФЦС и ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя России.

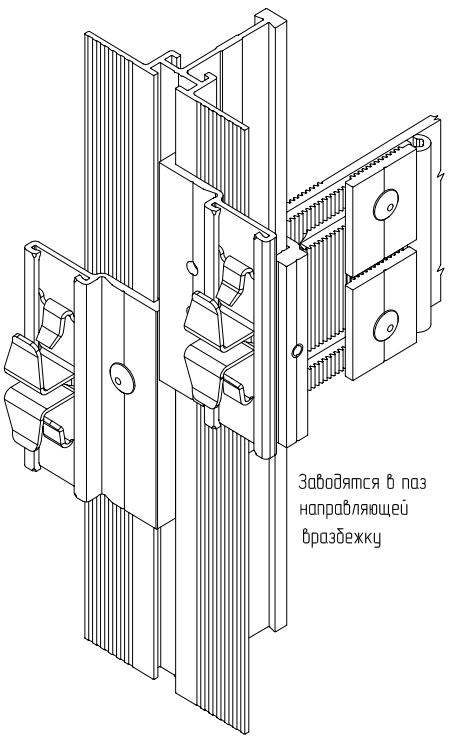
Разработчик системы оставляет за собой право внесения изменений, связанных с улучшением и дальнейшим развитием серии. Все материалы данной публикации принадлежат разработчику системы, запрещается их несанкционированное тиражирование.

Общий вид подконструкции с направляющей АУРС.150.0101



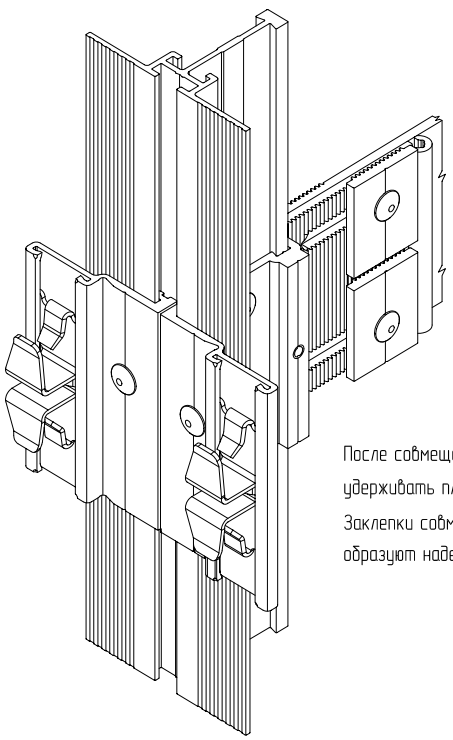
Общий вид подконструкции с направляющей АУРС.150.0101

Установка кляммеров комбинированных



Заводятся в паз направляющей вразбежку

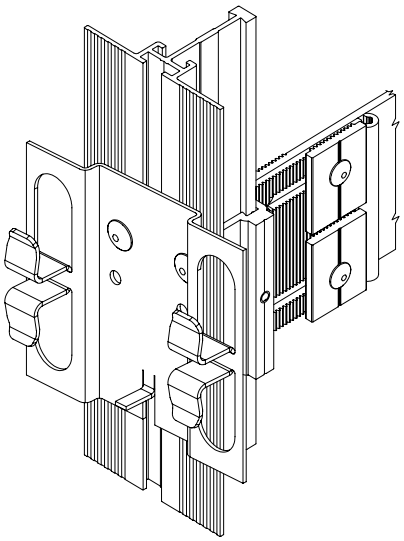
Устанавливается только на направляющую АУРС.150.0101



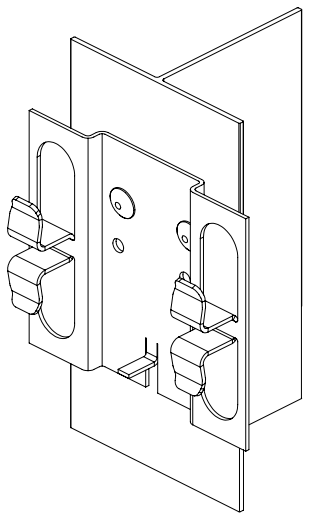
После совмещения способны удерживать плитку в процессе монтажа. Заклепки совместно с пазовым зацеплением образуют надежное крепление

Установка кляммеров рядовых

на направляющую АУРС.150.0101



на направляющую АУРС.150.0102

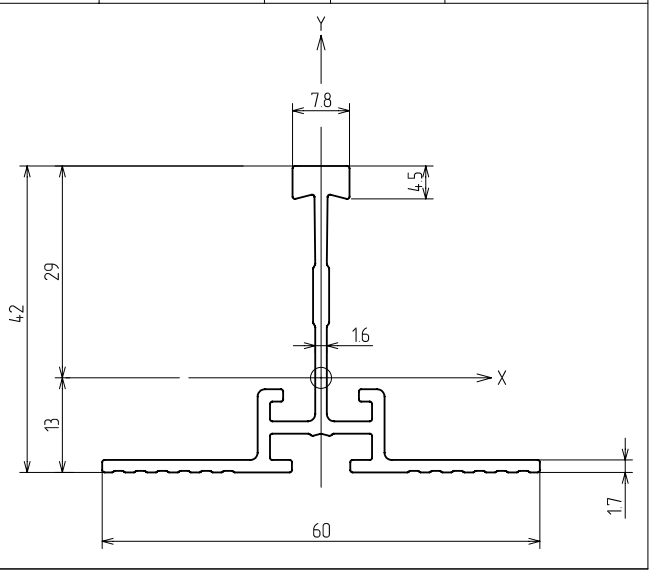


Геометрические характеристики сечения направляющей

Геометрические характеристики сечения		
Площадь сечения	A	2,36 см^2
Теоретическая масса 1 п.м.	m	0,637 кг
Внешний периметр		26,1 см
Момент инерции сечения	J_x	4,84 см^4
Момент инерции сечения	J_y	3,18 см^4
Момент сопротивления сечения	W_x	1,67 см^3
Момент сопротивления сечения	W_y	1,06 см^3
Радиус инерции сечения	i_x	1,43 см
Радиус инерции сечения	i_y	1,16 см

Направляющая AYPC.150.0101 Масштаб 1:1

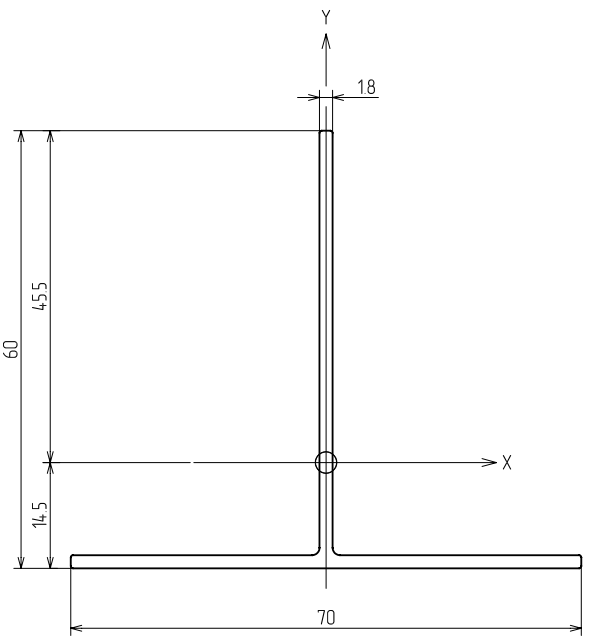
Артикул	AYPC.150.0101	Код	11800100



Геометрические характеристики сечения		
Площадь сечения	A	2,31 см^2
Теоретическая масса 1 п.м.	m	0,624 кг
Внешний периметр		25,8 см
Момент инерции сечения	J_x	8,10 см^4
Момент инерции сечения	J_y	5,14см^4
Момент сопротивления сечения	W_x	1,78 см^3
Момент сопротивления сечения	W_y	1,47 см^3
Радиус инерции сечения	i_x	1,87 см
Радиус инерции сечения	i_y	1,49 см
Эффективные характеристики сечения из условия обеспечения местной устойчивости стенки профиля.		
Момент сопрот-ния сечения эффект.	$W_x^{эф}$	0,89 см^3
Момент инерции сечения эффективн.	$J_x^{эф}$	5,14 см^4

Направляющая AYPC.150.0102 Масштаб 1:1

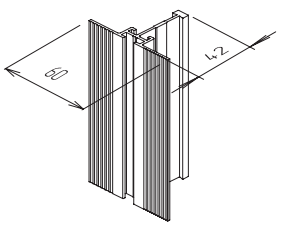
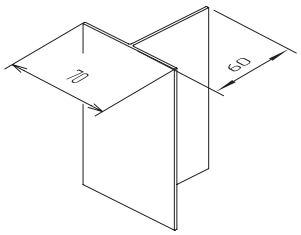
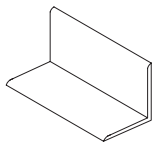
Артикул	AYPC.150.0102	Код	11800200

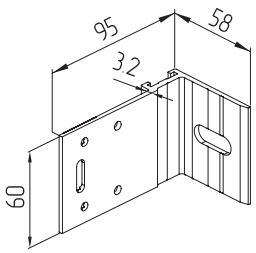
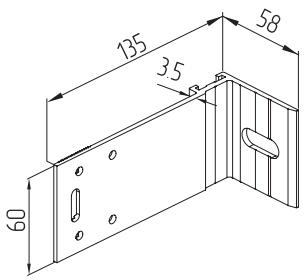
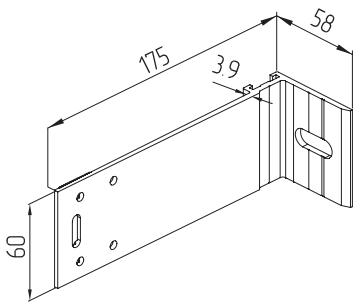
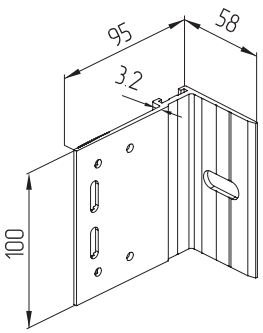
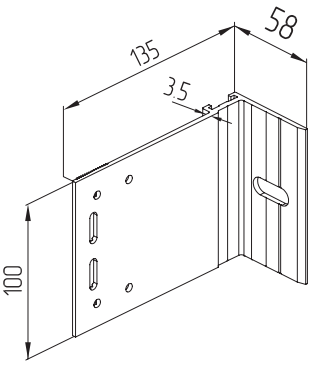


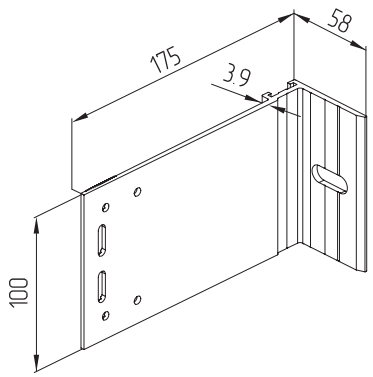
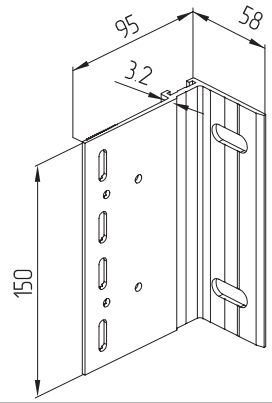
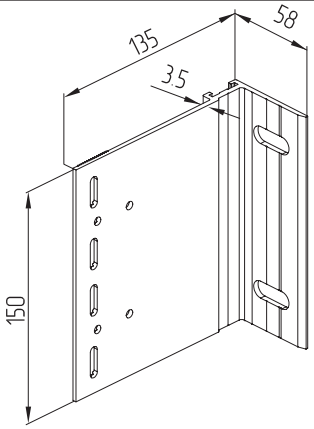
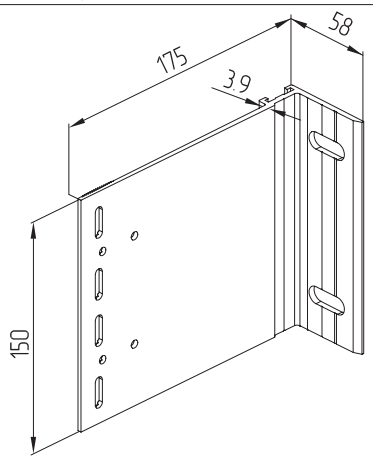
ALUTECH ALT 150КГ

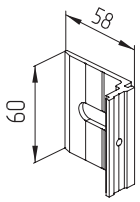
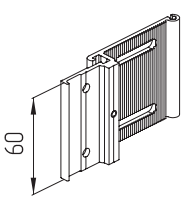
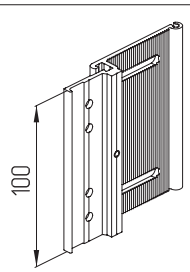
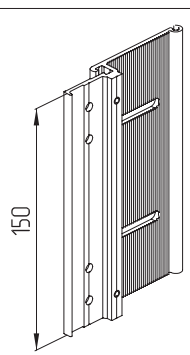
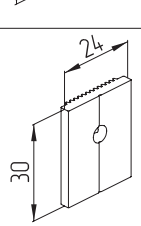
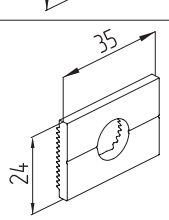
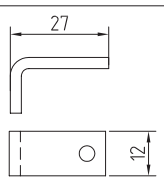
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

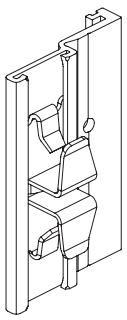
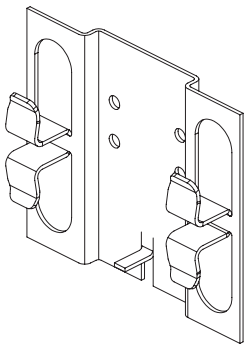
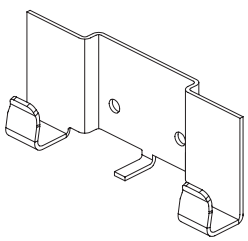
СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВ

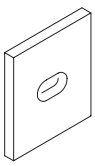
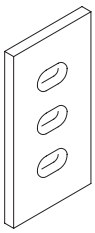
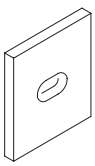
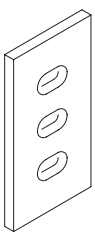
Наименование	Общий вид	Артикул по каталогу	Код по каталогу	Покрытие	Масса, кг/м	Длина хлыста, м	Количество в упаковке		Масса упаковки	
							шт.	п.м.	нетто, кг	брутто, кг
Профиль направляющей Универсальный. Используется при облицовке из из керамогранита, панелей кассетного типа и листовых материалов		АУРС.150.0101	11800100	—	0,641	6,0	8	48	30,8	31,3
			118001806	анод. серебро матовое						
Профиль направляющей Используется при облицовке из керамогранита и листовых материалов		АУРС.150.0102	11800200	—	0,624	6,0	12	72	44,9	45,7
			118002806	анод. серебро матовое						
Уголок прямоугольный 25х25х2 Используется как вспомогательный элемент		АУРС.120.0102	10600200	—	0.261	6,0	10	60	15,7	16,0

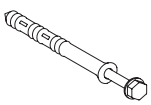
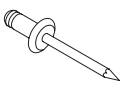
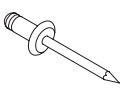
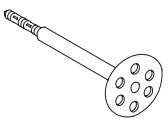
Наименование	Общий вид	Артикул по каталогу	Код по каталогу	Покрытие	Кол-во в упаковке, шт.	Масса упаковки	
						нетто, кг	брутто, кг
Кронштейн 60х95 Преимущественно используется в качестве опорного		АУРС.150.0701	11870100	—	240	17,8	
			118701806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 60х135 Преимущественно используется в качестве опорного		АУРС.150.0701-01	11870200	—	160	15,8	
			118702806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 60х175 Преимущественно используется в качестве опорного		АУРС.150.0701-02	11870300	—	160	17,8	
			118703806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 100х95 Используется в качестве несущего при шарнирно-рамной схеме крепления		АУРС.150.0702	11870400	—	120	15,1	
			118704806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 100х135 Используется в качестве несущего при шарнирно-рамной схеме крепления		АУРС.150.0702-01	11870500	—	80	13.4	
			118705006	анод. серебро матовое			

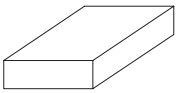
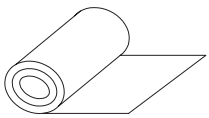
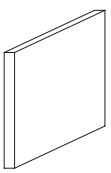
Наименование	Общий вид	Артикул по каталогу	Код по каталогу	Покрытие	Кол-во в упаковке, шт.	Масса упаковки	
						нетто, кг	брутто, кг
Кронштейн 100х175 Используется в качестве несущего при шарнирно-рамной схеме и как опорный		АУРС.150.0702-02	11870600	—	80	17,1	
			118706806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 150х95 Используется в качестве несущего при совмещенной схеме сопряжения		АУРС.150.0703	11870700	—	120	22,6	
			118707806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 150х135 Используется в качестве несущего при совмещенной схеме сопряжения		АУРС.150.0703-01	11870800	—	120	29,9	
			118708806	анод. серебро матовое			
Кронштейн 150х175 Используется в качестве несущего при совмещенной схеме сопряжения		АУРС.150.0703-02	11870900	—	80	25,6	
			118709806	анод. серебро матовое			

Наименование	Общий вид	Артикул по каталогу	Код по каталогу	Покрытие	Кол-во в упаковке, шт.	Масса упаковки	
						нетто, кг	брутто, кг
Кронштейн дополнительный Используется со всеми кронштейнами для увеличения несущей способности		AYPC.150.0707	11871300	—	120	4,7	
			118713806	анод. серебро матовое			
Зацеп 60		AYPC.150.0704	11871000	—	260	14,4	
			118710806	анод. серебро матовое			
Зацеп 100		AYPC.150.0705	11871100	—	130	12,2	
			118711806	анод. серебро матовое			
Зацеп 150		AYPC.150.0706	11871200	—	130	18,6	
			118712806	анод. серебро матовое			
Шайба Используется для фиксации зацепа		AYPC.150.0708	11871400	—	1200	8,4	
			118714806	анод. серебро матовое			
Шайба Используется как шайба под втулку дюбеля		AYPC.150.0710	11871600	—	1000	7,0	
			118716806	анод. серебро матовое			
Скоба зацепа Используется для удобства навески профиля		AYPC.150.0715	11871900	—			

Наименование	Общий вид	Артикул по каталогу	Код по каталогу	Покрытие	Кол-во в упаковке, шт.	Масса упаковки	
						нетто, кг	брутто, кг
Кляммер комбинированный Устанавливается на направляющей АУРС.150.0101. Универсального использования. Может применяться как рядовой, концевой, термокомпенсаторный, разворотный		АУРС.150.07 09	11871500	—	520	21,2	
			118715806	анод. серебро матовое			
Кляммер рядовой Используется на обеих направляющих		АУРС.150.08 02	11880200				
Кляммер концевой Используется на обеих направляющих		АУРС.150.08 03	11880300				

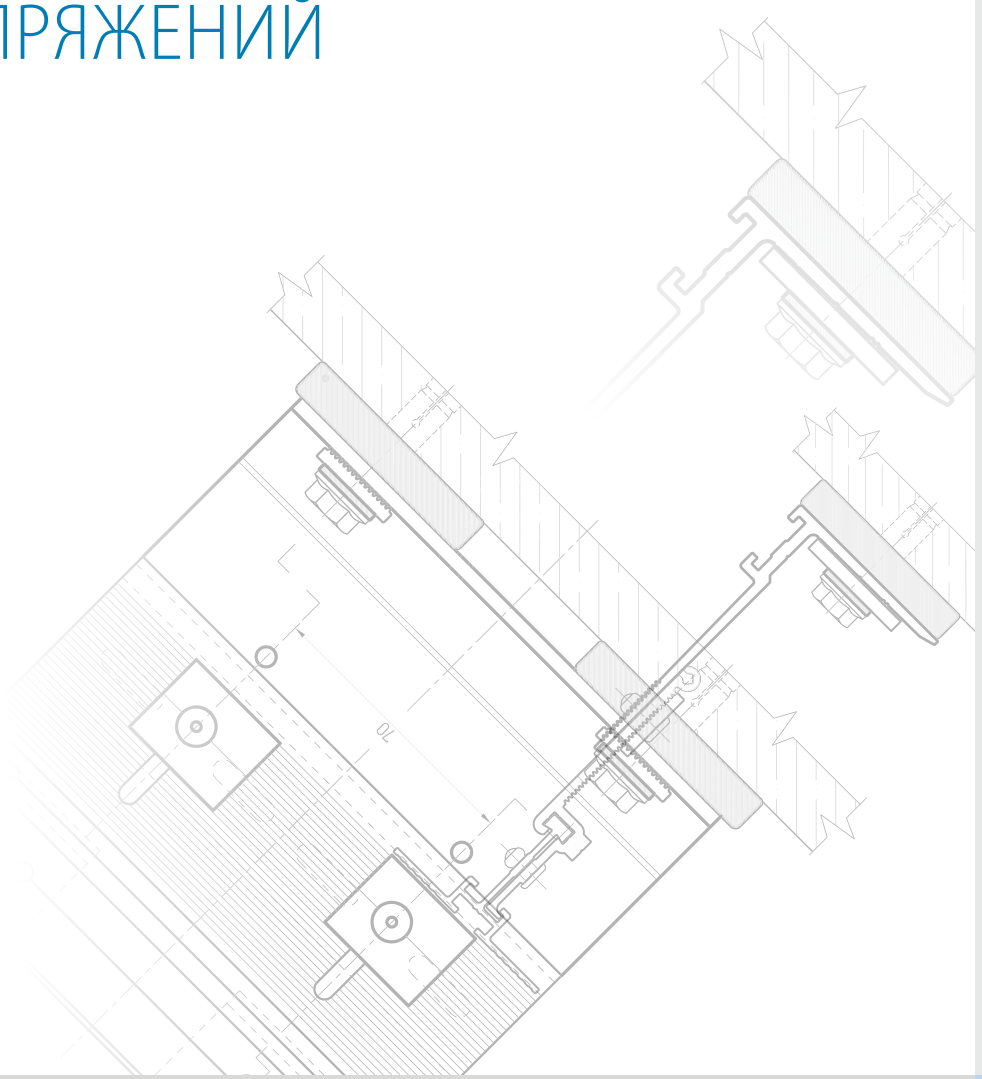
Наименование	Общий вид	Артикул по каталогу	Код по каталогу	Материал	Кол-во в упаковке, шт.	Масса упаковки	
						нетто, кг	брутто, кг
Прокладка Пластиковый терморазрывный элемент		АУРС.150.0901	11890100	TIPPLEN K 499	770	15,4	15,7
Прокладка Пластиковый терморазрывный элемент		АУРС.150.0902	11890200	TIPPLEN K 499	460	15,2	15,5
Прокладка Паронитовый терморазрывный элемент		АУРС.150.0903	11890300	Паронит ПОН-Б5	310	9,0	9,1
Прокладка Паронитовый терморазрывный элемент		АУРС.150.0904	11890400	Паронит ПОН-Б5	185	8,1	8,2

Наименование	Общий вид	Назначение
SDF-KB-10x80V	 Фирма EJOT	Для крепления кронштейнов к бетону и плотным строительным материалам
SDF-KB-10Ux80V		Для крепления кронштейнов к бетонам, плотным и пустотелым строительным материалам
SDP-KB-10Ux80V		Для крепления кронштейнов к пористому бетону (газосиликатным блокам)
Заклепка вытяжная алюминиево-стальная 5-10	 Тело заклепки – алюминий Al Mg 3,5% Стержень – сталь нержавеющая AISI 304 Фирма Bralo	Для крепления направляющей к регулировочному зацепу
Заклепка вытяжная алюминиево-стальная 5-14		Для крепления регулировочного зацепа к кронштейну
Заклепка вытяжная алюминиево-стальная 4-8		Для крепления кляммеров к направляющей
Заклепка вытяжная алюминиево-стальная 4-14		Для крепления доборного кронштейна
Заклепка вытяжная нержавеющая сталь 5-10	 Тело заклепки – сталь нержавеющая AISI 304 Стержень – сталь нержавеющая AISI 304 Фирма Bralo	Для крепления направляющей к регулировочному зацепу в случаях, оговоренных проектом, а также согласно экспертному заключению для крепления эл-тов противопожарных отсечек
Заклепка вытяжная нержавеющая сталь 5-14		Для крепления регулировочного зацепа к кронштейну в случаях, оговоренных проектом, а также согласно экспертному заключению для крепления эл-тов противопожарных отсечек
Заклепка вытяжная нержавеющая сталь 4-8		Для крепления кляммеров к направляющей в случаях, оговоренных проектом, а также согласно экспертному заключению для крепления эл-тов противопожарных отсечек
Винты самонарезающие из оцинкованной стали или нержавеющей стали	Из списка материалов, допущенных ФЦС Госстроя России к применению в системах навесных фасадов с вентилируемым зазором	Тип и длина самореза определяются проектной документацией
Дюбель тарельчатый	 Из списка материалов, допущенных ФЦС Госстроя России к применению в системах навесных фасадов с вентилируемым зазором	Для крепления утеплителя к стене. Тип и длина дюбеля определяются проектной документацией

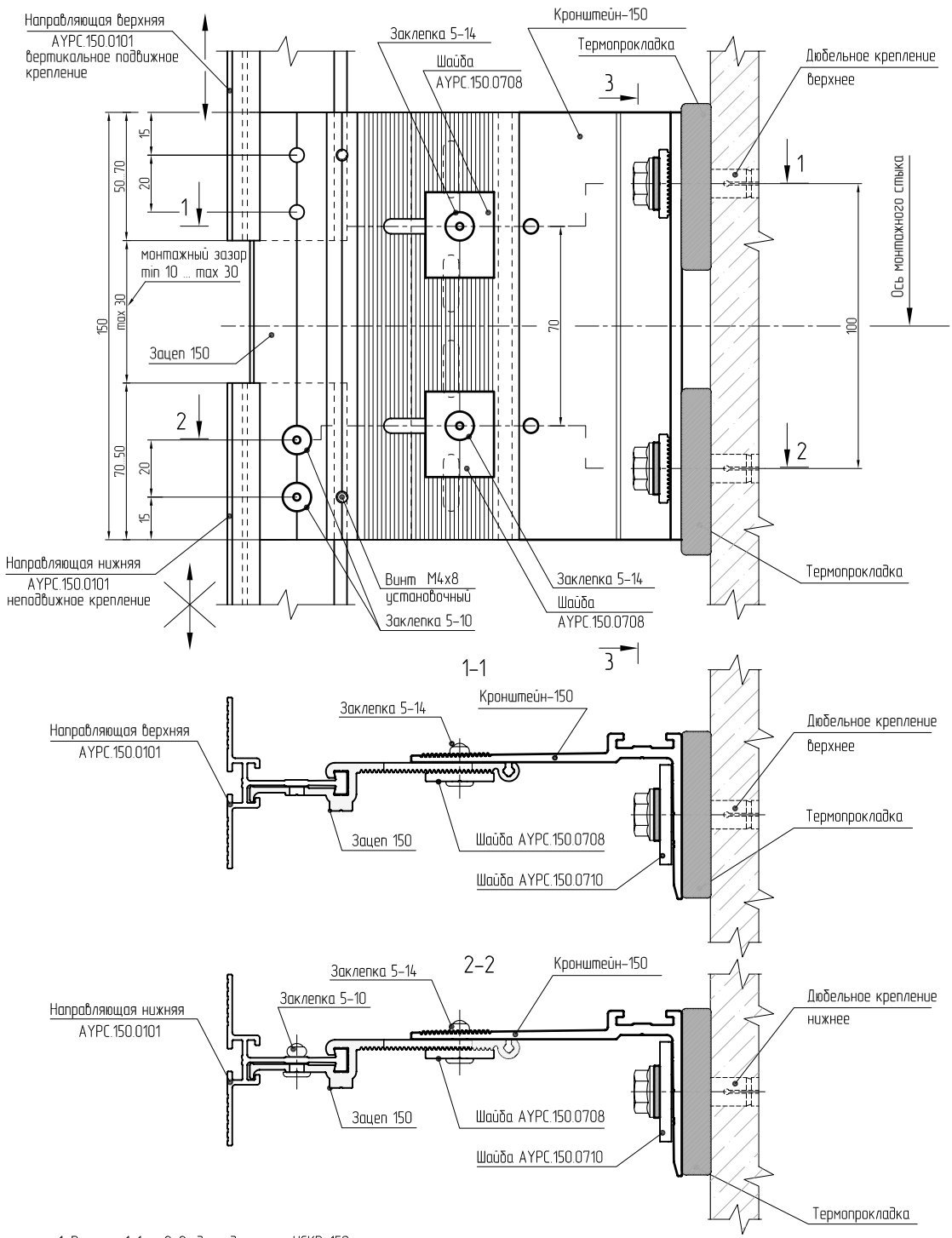
Наименование	Общий вид	Назначение	Фирма-производитель
Утеплитель		Для утепления стен, устройства отсечек, защиты кронштейнов	Из списка материалов, допущенных ФЦС Госстроя России к применению в системах навесных фасадов с вентилируемым зазором
Гидро-ветрозащитная паропроницаемая пленка		Для защиты утеплителя от увлажнения	TYVEK Housewrap TYVEK SOFT (Du Pont Engineering Product S.A.)
Плита керамогранитная		Для наружной облицовки фасада	GRANITI FIANDRE S.p.A (Италия)
			Impronta Italgraniti Ceramiche S.p.A (Италия)
			MIRAGE Granito Ceramito S.p.A (Италия)
			LEONARDO S.p.A (Италия)
			VENEZIA CEREMIC Co., Ltd. (КНР)
			NANHAI CITY JINDO CERAMICS Co., Ltd. (КНР)
			GUANDONG DONG-PENG CERAMIC Co., Ltd. (КНР-ГОНКОНГ)
			FOSHAN NANHAI HUATAO CERAMIC Co., Ltd. (КНР)
			Fiorano Nanhai Huiya CERAMIC Co., Ltd (Китай)

ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЙ



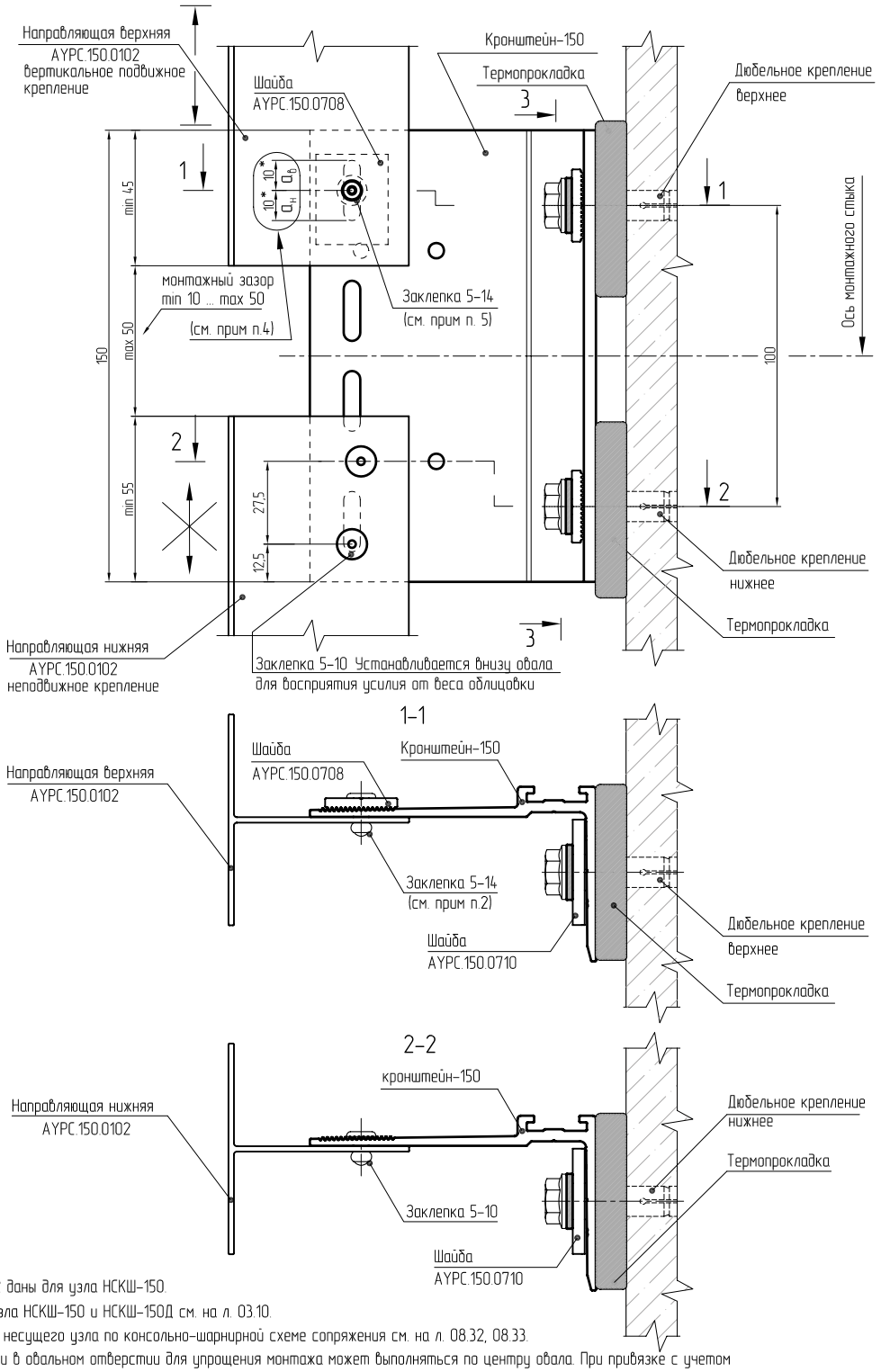
Узел несущий совмещенный по консольно-рамной схеме сопряжения на кронштейне -150 (НСКР-150 и НСКР-150Д)



1. Разрезы 1-1 и 2-2 даны для узла НСКР-150.
2. Разрез 3-3 для узла НСКР-150 и НСКР-150Д см. на л. 03.09.
3. Расчетную схему несущего узла по консольно-рамной схеме сопряжения см. на л. 8.41.

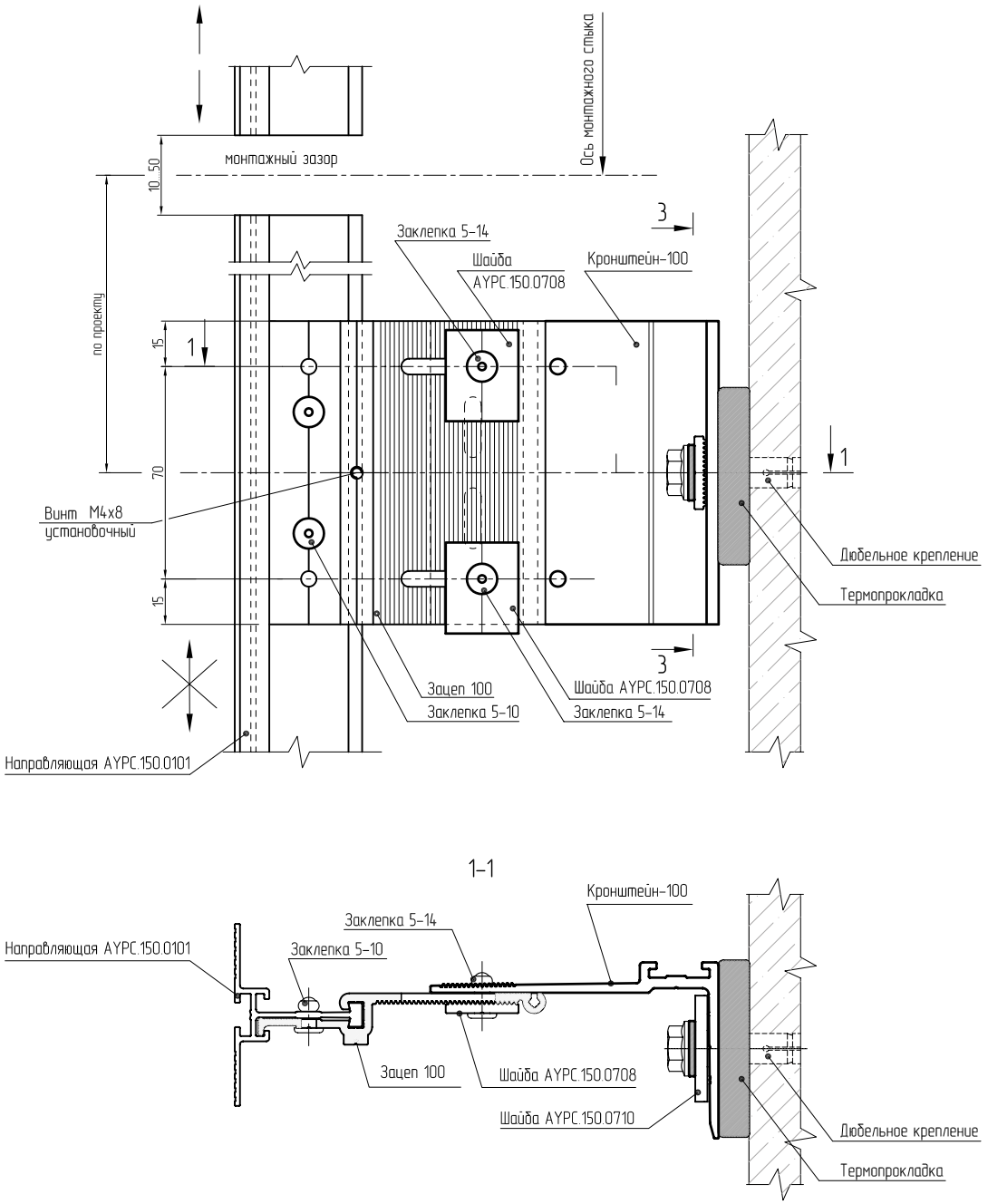
03

Узел несущий совмещ. по консольно-шарнирной схеме сопряжения на кронштейне-150 (НСКШ-150 и НСКШ-150Д)



1. Разрезы 1-1 и 2-2 даны для узла НСКШ-150.
2. Разрез 3-3 для узла НСКШ-150 и НСКШ-150Д см. на л. 03.10.
3. Расчетную схему несущего узла по консольно-шарнирной схеме сопряжения см. на л. 08.32, 08.33.
4. Привязка заклепки в овальном отверстии для упрощения монтажа может выполняться по центру овала. При привязке с учетом температуры монтажа можно увеличить диапазон термокомпесаций направляющей.
5. Заклепка устанавливается с возможностью вертикальных смещений направляющей относительно кронштейна без заметной болтанки соединения (используется специальная насадка).

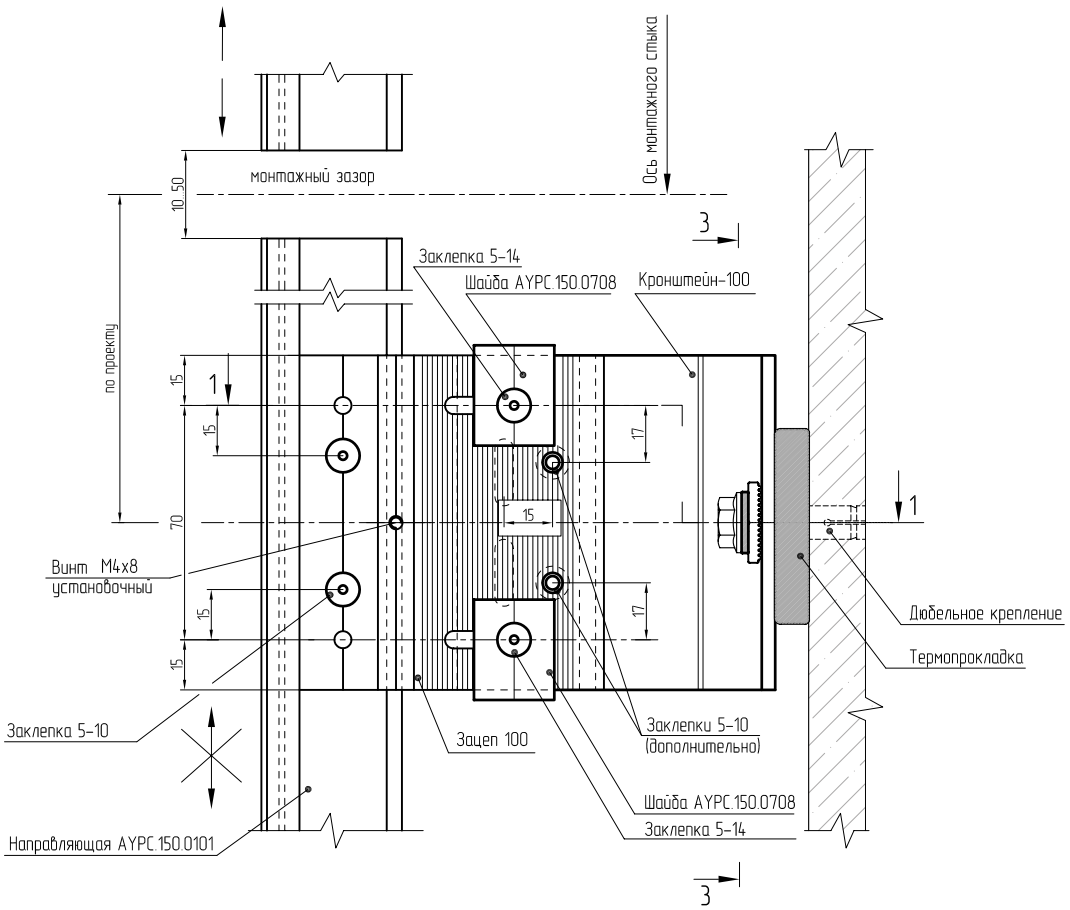
Узел несущий раздельный по шарнирно-рамной схеме сопряжения на кронштейне-100 (НРШР-100 и НРШР-100Д)



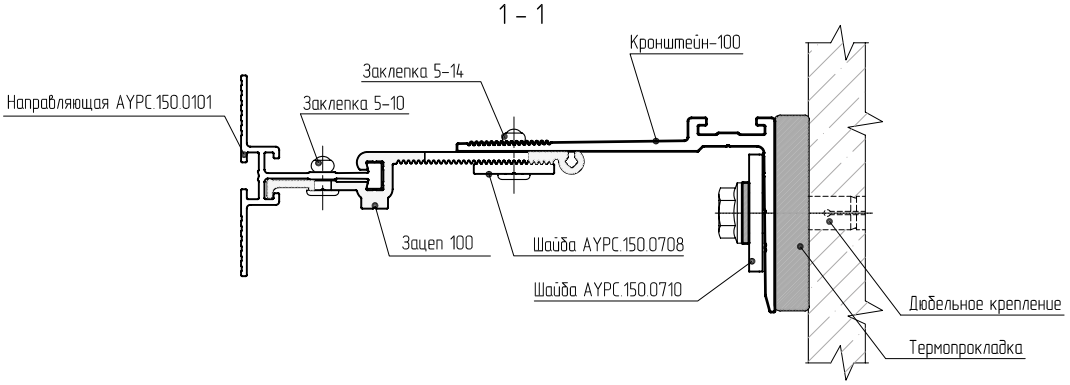
1. Разрез 1-1 дан для узла НРШР-100.
2. Разрез 3-3 для узла НРШР-100 и НРШР-100Д см. на л. 03.09.
3. Расчетную схему несущего узла по шарнирно-рамной схеме сопряжения см. на л. 08.32, 08.36.

03

Узел несущий раздельный по шарнирно-рамной схеме сопряжения усиленный на кронштейне-100 (НРШРу-100 и НРШРу-100Д)



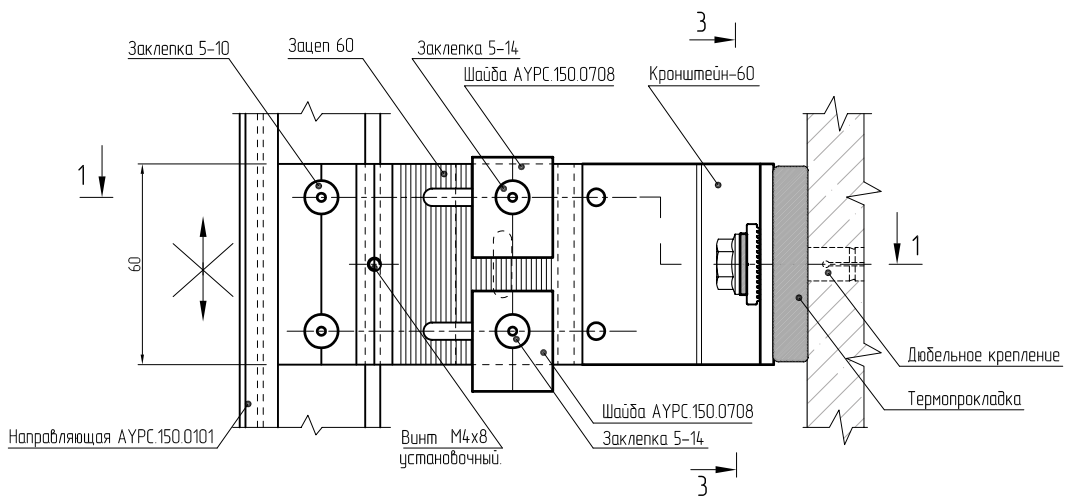
1 – 1



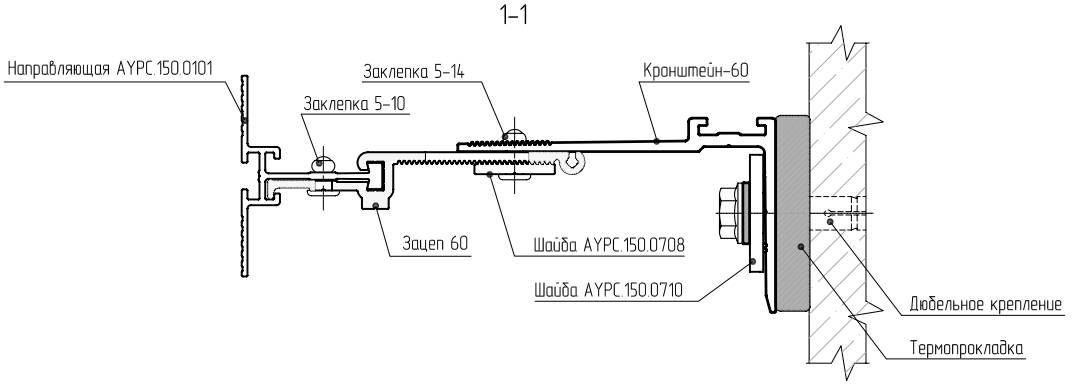
1. Разрез 1-1 дан для узла НРШРу-100.
2. Разрез 3-3 для узла НРШРу-100 и НРШРу-100Д см. на л. 03.09.
3. Расчетную схему несущего узла по шарнирно-рамной схеме сопряжения см. на л. 08.32, 8.36.

Узел несущий раздельный по шарнирно-рамной схеме сопряжения на кронштейне-60 (НРШР-60 и НРШР-60Д)

При незначительных вертикальных нагрузках и малом относе от стены возможно использование кронштейна-60 в качестве несущего

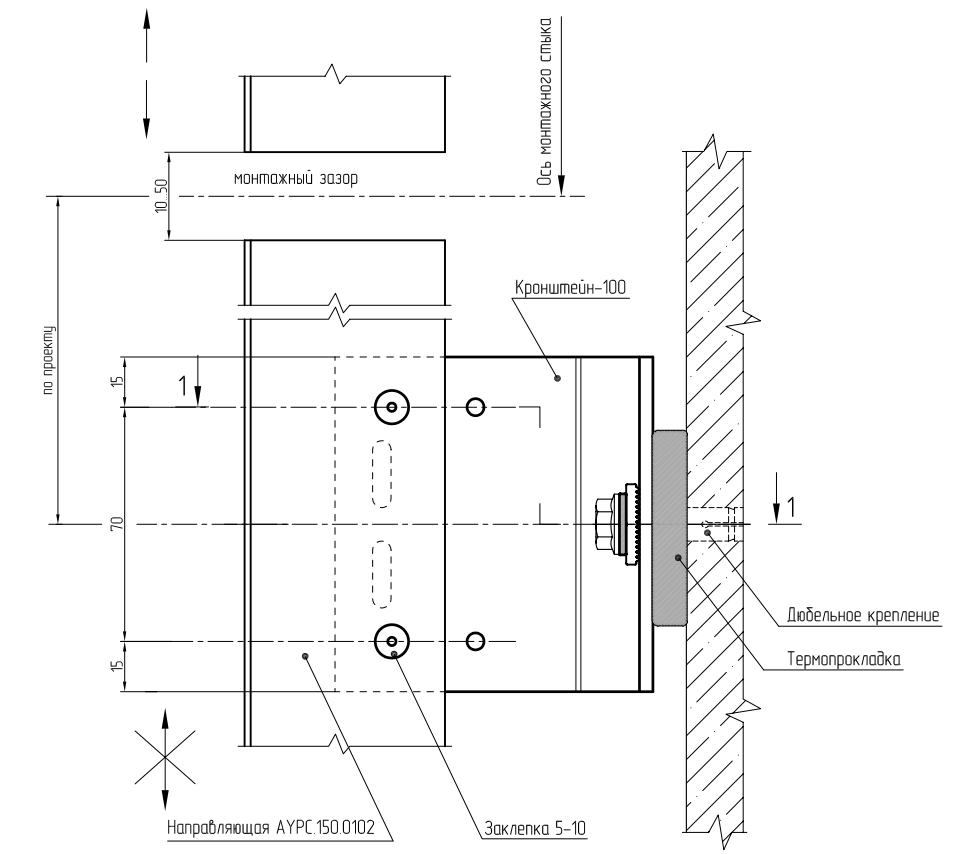


1-1

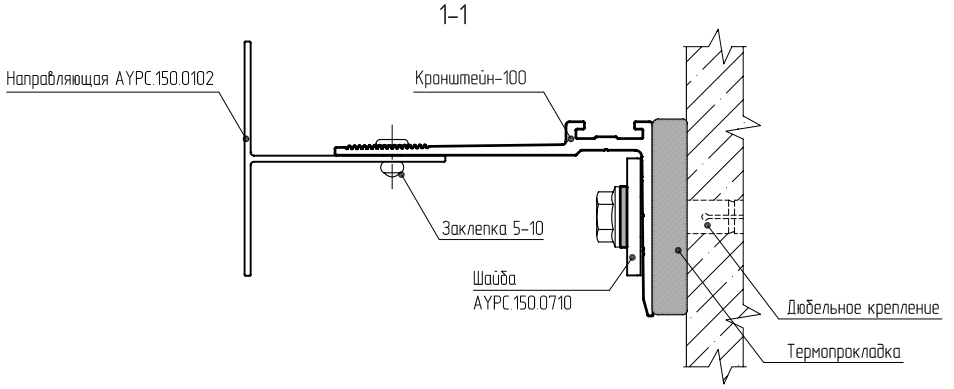


1. Разрез 1-1 дан для узла НРШР-60.
2. Разрез 3-3 для узла НРШР-60 и НРШР-60Д см. на л. 03.09.
3. Расчетную схему несущего узла по шарнирно-рамной схеме сопряжения см. на л. 08.32, 08.36.

Узел несущий раздельный по шарнирно-рамной схеме сопряжения на кронштейне-100 (НРШР1-100 и НРШР1-100Д)



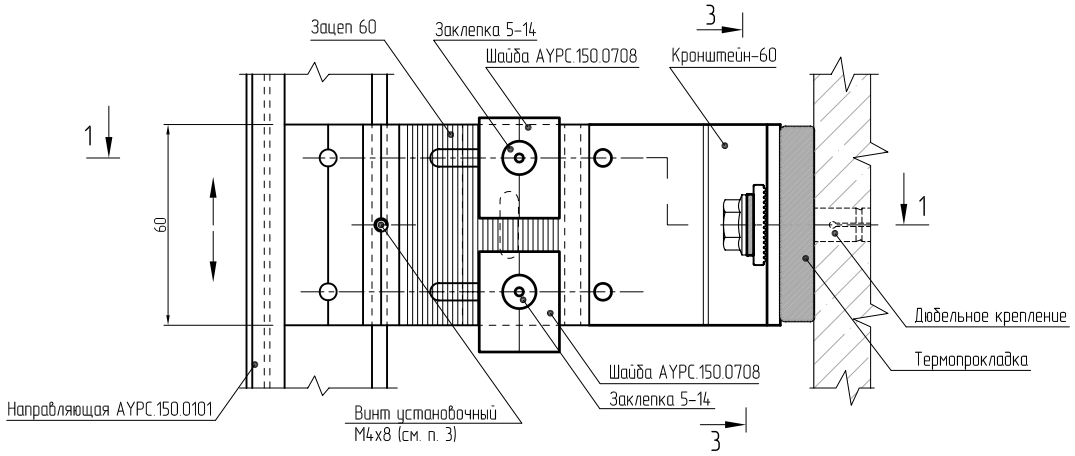
1-1



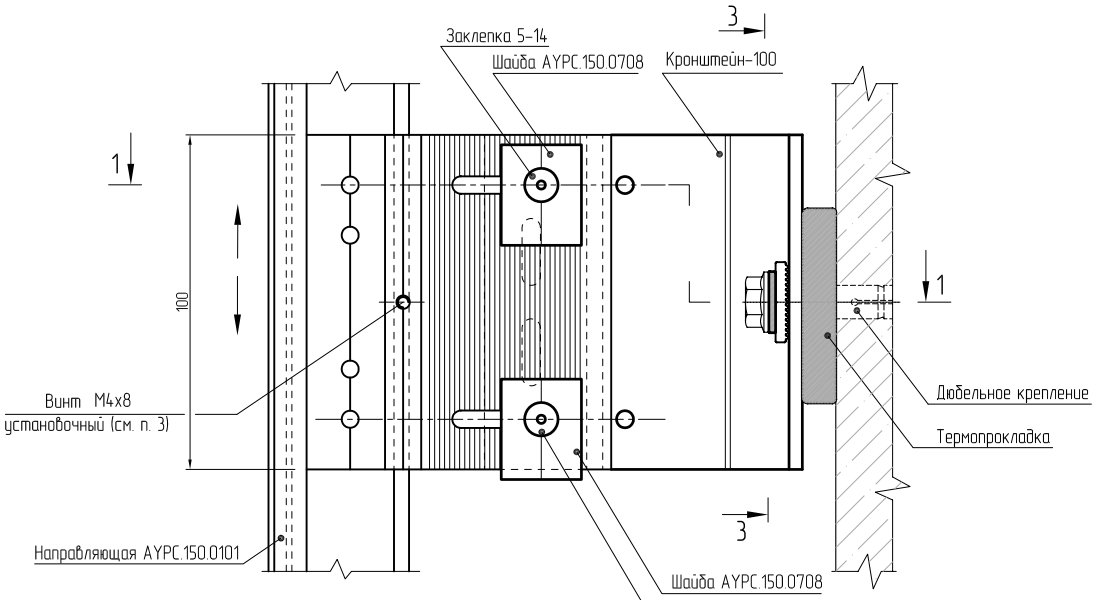
1. Разрез 1-1 дан для узла НРШР1-100.
2. Разрез 3-3 для узла НРШР1-100 и НРШР1-100Д см. на л. 03.10.
3. Расчетную схему несущего узла по шарнирно-рамной схеме сопряжения см. на л. 08.32, 08.36.

Узлы сопряжений опорные (ветровые) на кронштейнах -60 и -100 (В-60 и В-60Д, В-100 и В-100Д)

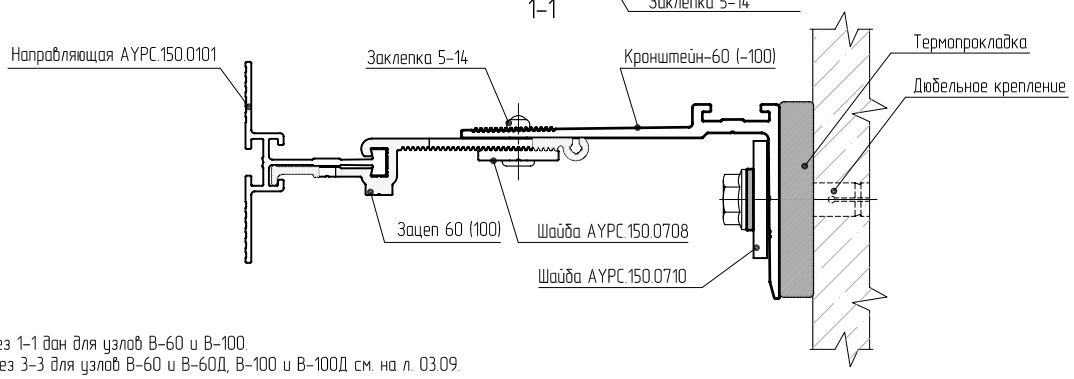
Узлы В-60 и В-60Д



Узлы В-100 и В-100Д



1-1



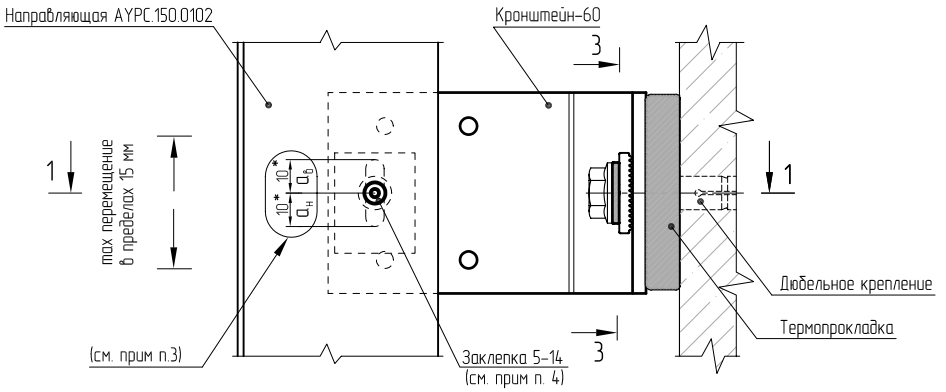
1. Разрез 1-1 дан для узлов В-60 и В-100.
2. Разрез 3-3 для узлов В-60 и В-60Д, В-100 и В-100Д см. на л. 03.09.

3. Винт временно фиксирует зацеп в определенном монтажном положении на направляющей для удобства монтажа. После крепления зацепа к кронштейну винт обязательно ослабить или удалить для использования на следующих кронштейнах. Временное позиционирование зацепов также можно выполнять специальными съемными многоразовыми фиксаторами.

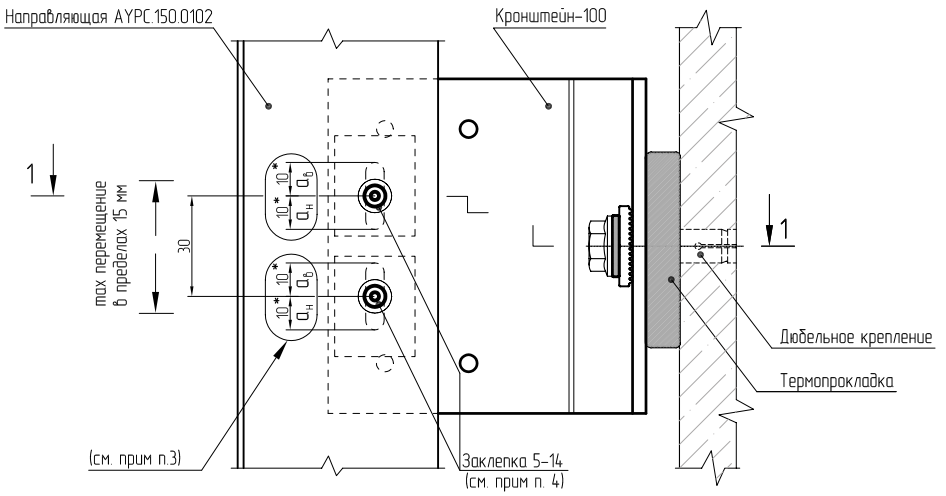
03

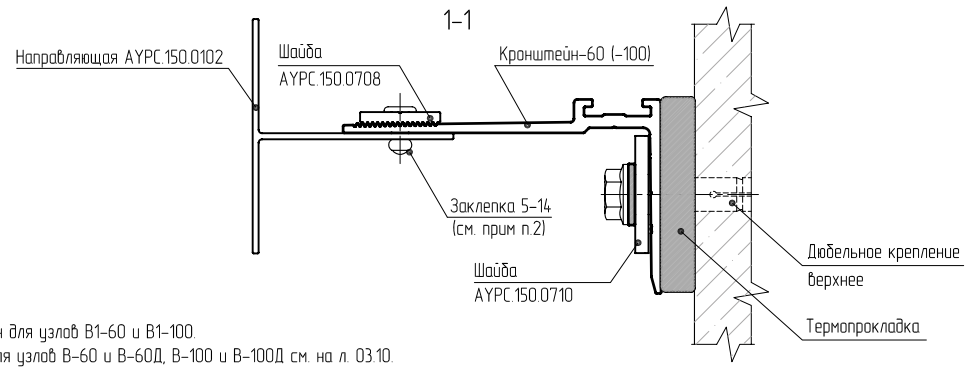
Узлы сопряжений опорные (ветровые) на кронштейнах -60 и -100 (В1-60 и В1-60Д, В1-100 и В1-100Д)

Узлы В1-60 и В1-60Д

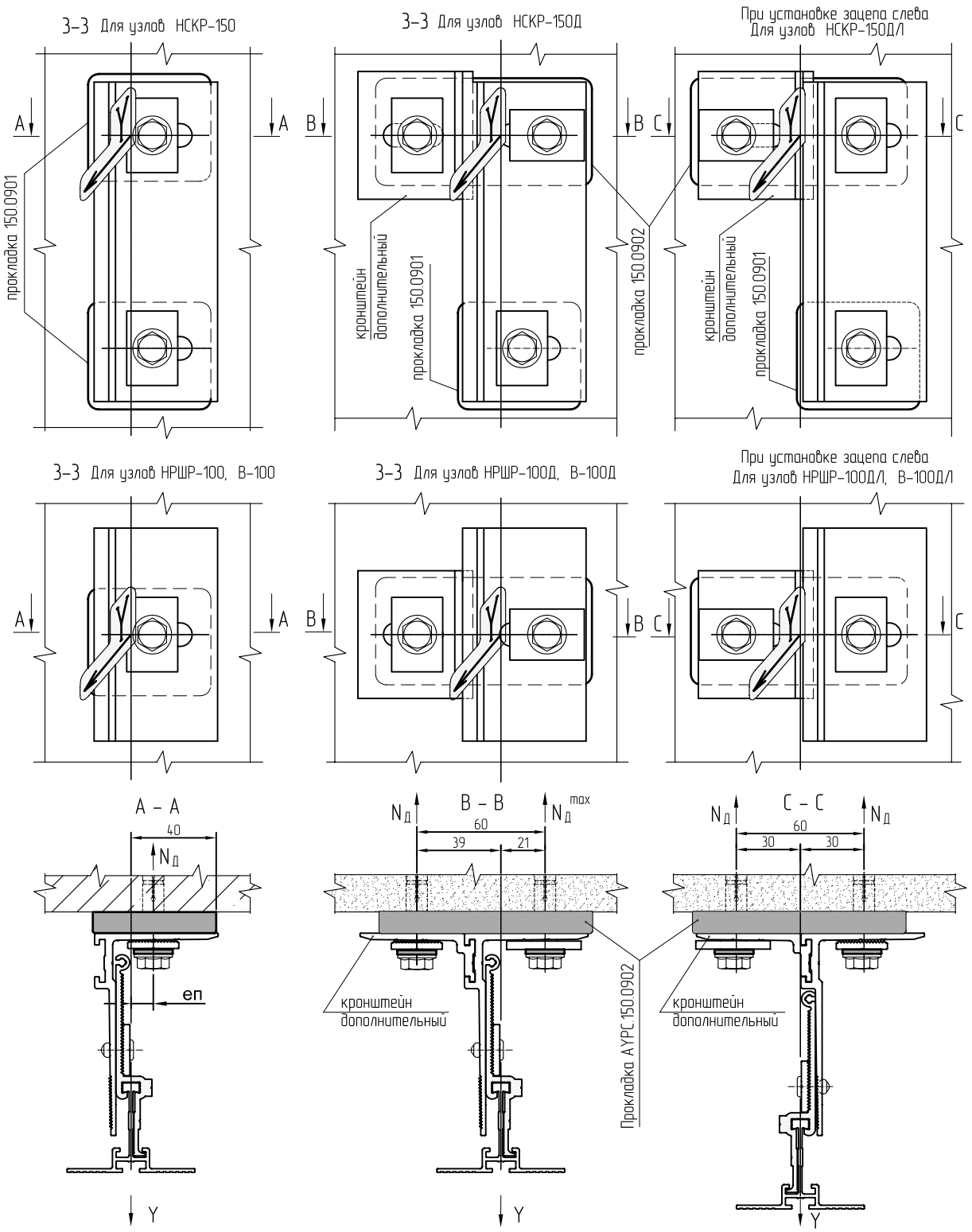


Узлы В1-100 и В1-100Д



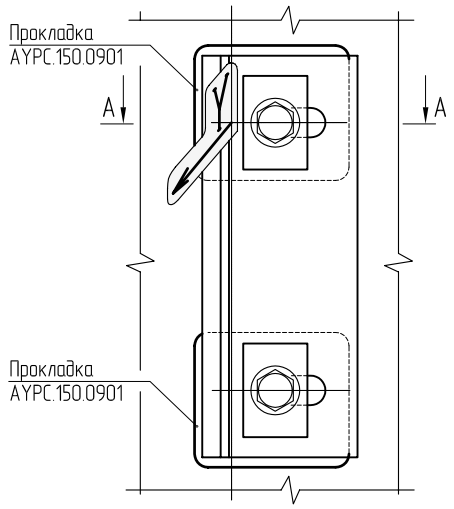


1. Разрез 1-1 дан для узлов В1-60 и В1-100.
2. Разрез 3-3 для узлов В-60 и В-60Д, В-100 и В-100Д см. на л. 03.10.
3. Привязка заклепки в овальном отверстии для упрощения монтажа может выполняться по центру овала. При привязке с учетом температуры монтажа можно увеличить диапазон термокомпесаций направляющей.
4. Заклепка устанавливается с возможностью вертикальных смещений направляющей относительно кронштейна без заметной болтанки соединения (используется специальная насадка).

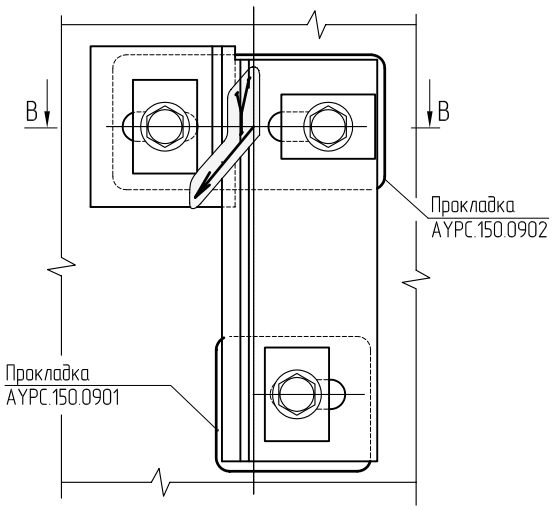


Вырывающие усилия на единичном дюбельном креплении в зоне действия усилия Y		
при ep = 10 мм $N_Д = 1,2 \cdot Y$	$N_Д^{max} = 1,25 \cdot Y/2$	$N_Д = Y/2$
при ep = 25 мм $N_Д = 1,5 \cdot Y$		

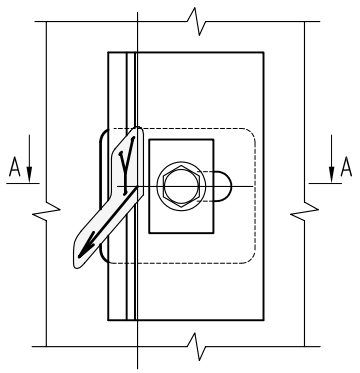
3–3 Для узлов НСКШ–150



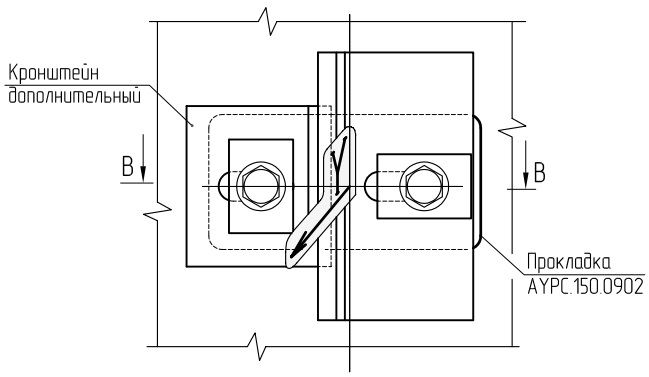
3–3 Для узлов НСКШ–150Д



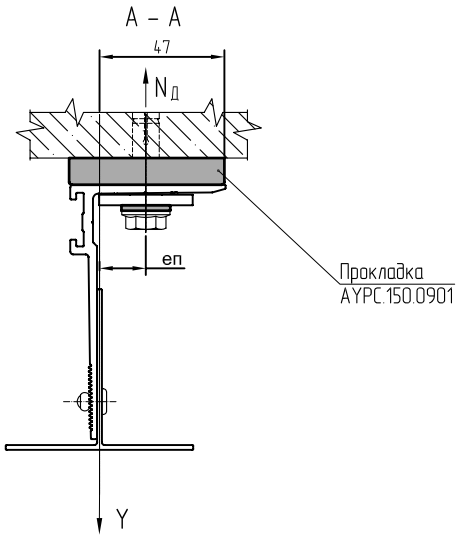
3–3 Для узлов НРШР1–100, В1–100



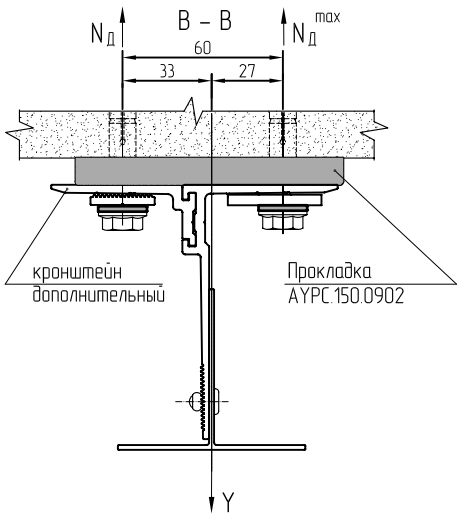
3–3 Для узлов НРШР1–100Д, В1–100Д



A – A

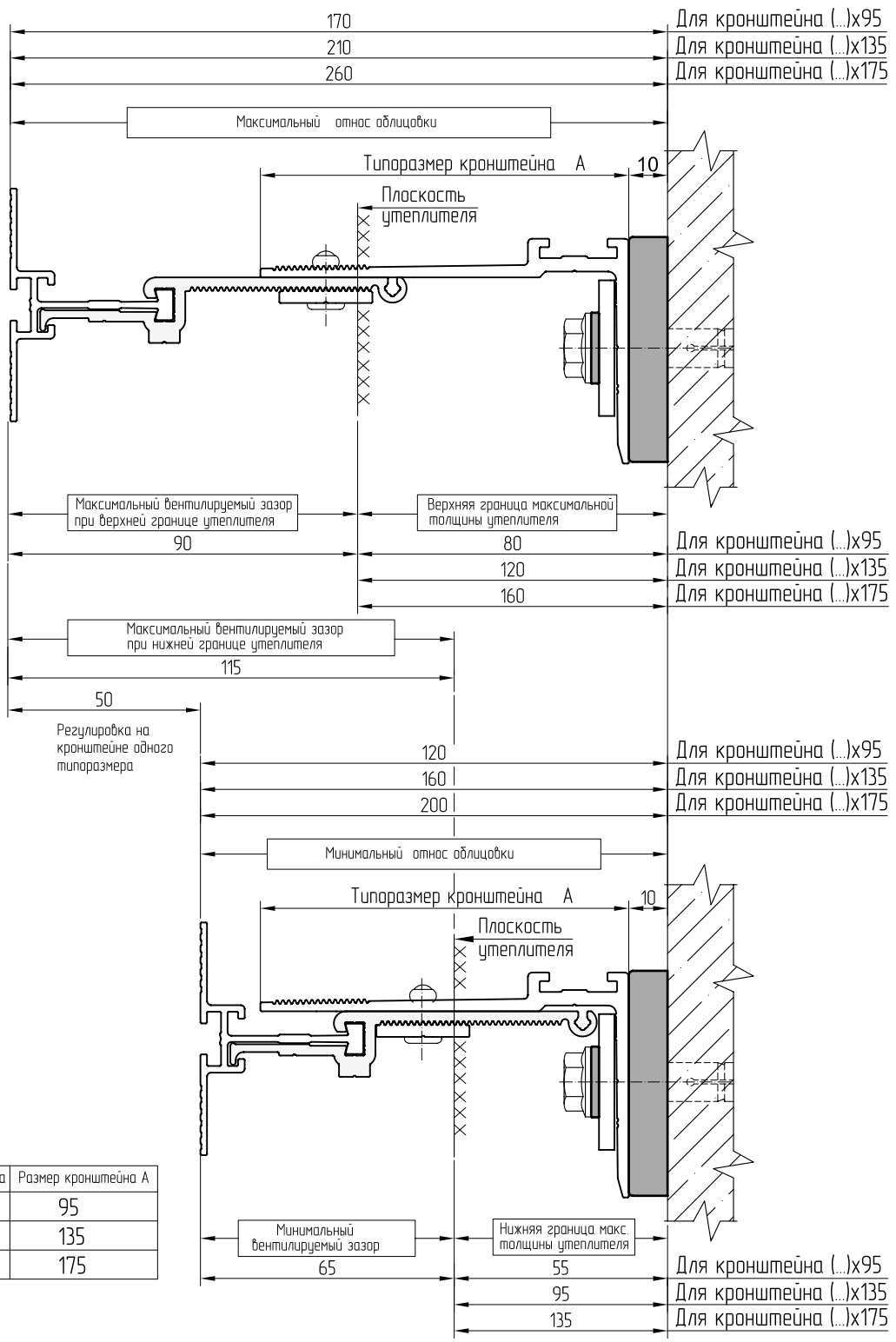


B – B



Вырывающие усилия на единичном дюбельном креплении в зоне действия усилия Y	
при eп = 20 мм $N_Д$ = 1,35·Y	$N_Д^{max}$ = 1,2*Y/2
при eп = 35 мм $N_Д$ = 2,0·Y	

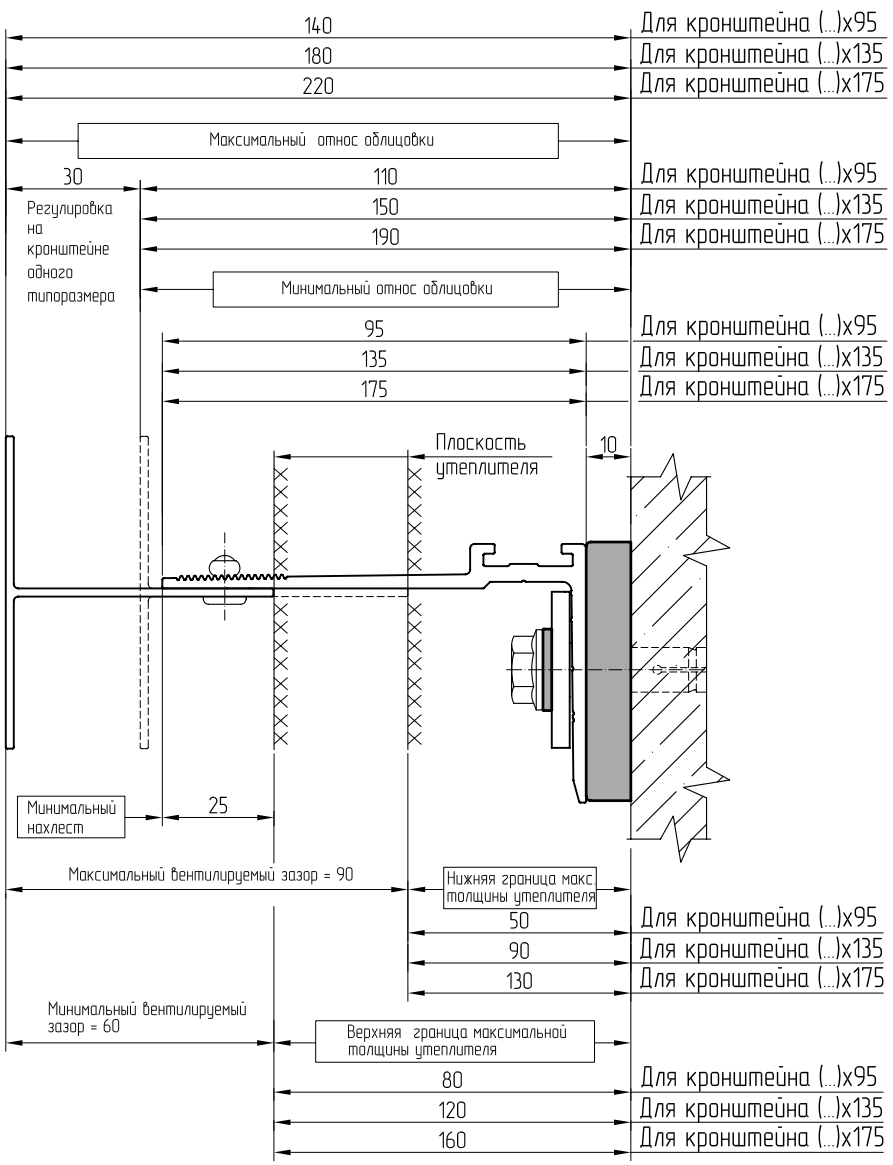
Таблица параметров сопряжений для направляющей 150.0101



Марка кронштейна	Размер кронштейна А
(...) x 95	95
(...) x 135	135
(...) x 175	175

03

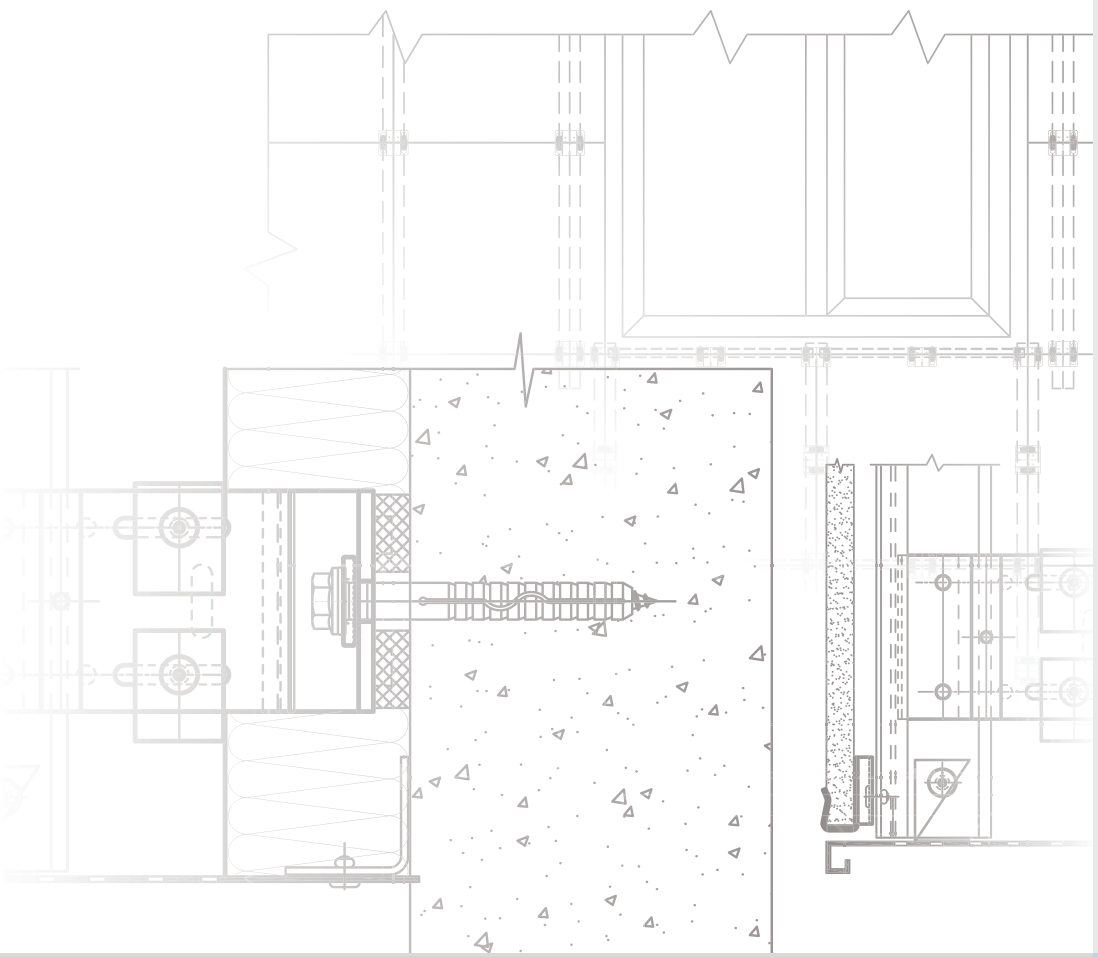
Таблица параметров сопряжений для направляющей 150.0102



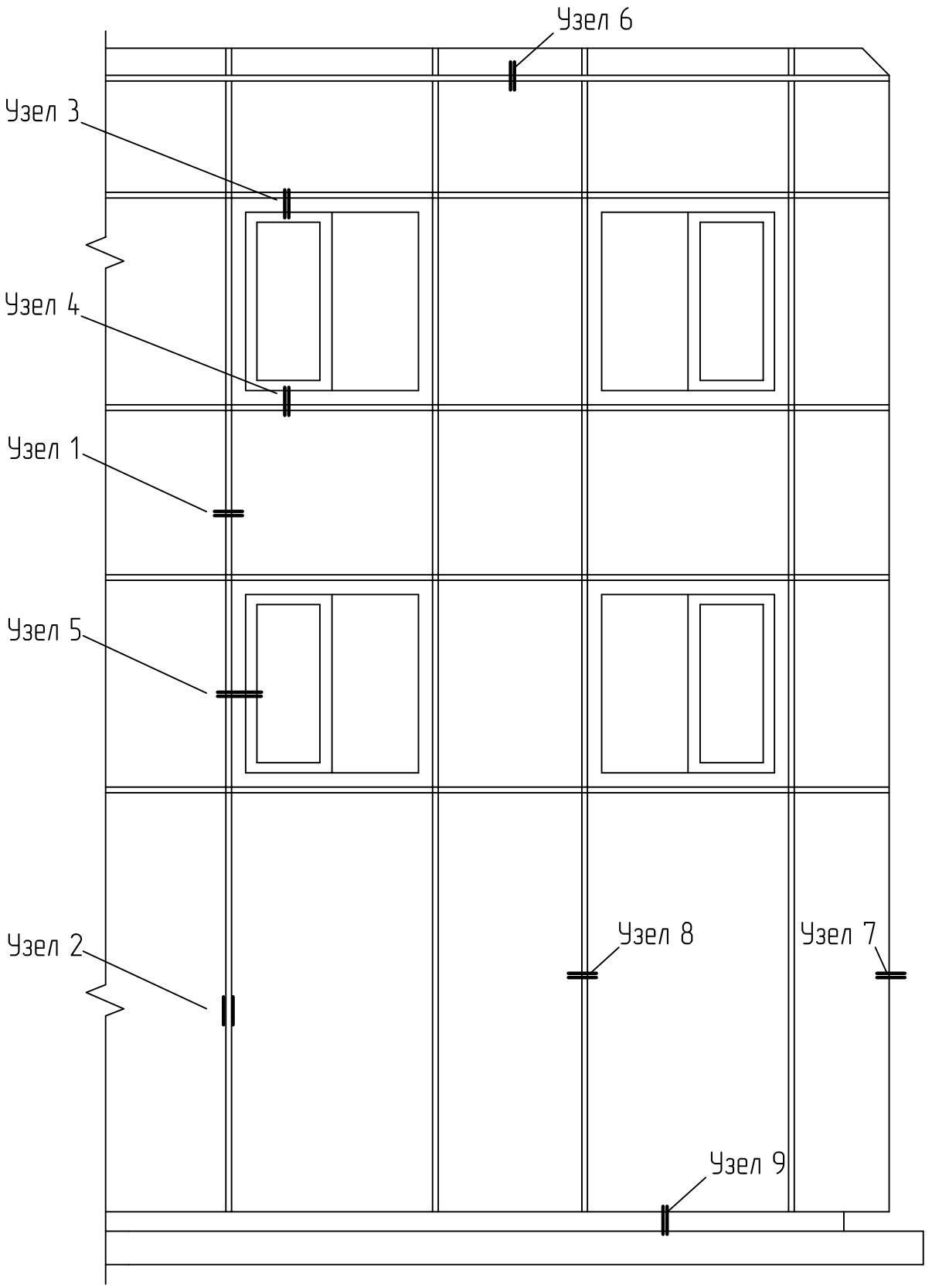
Марка кронштейна	Размер кронштейна А
(...) x 95	95
(...) x 135	135
(...) x 175	175

ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

УЗЛЫ ПРИМЫКАНИЙ

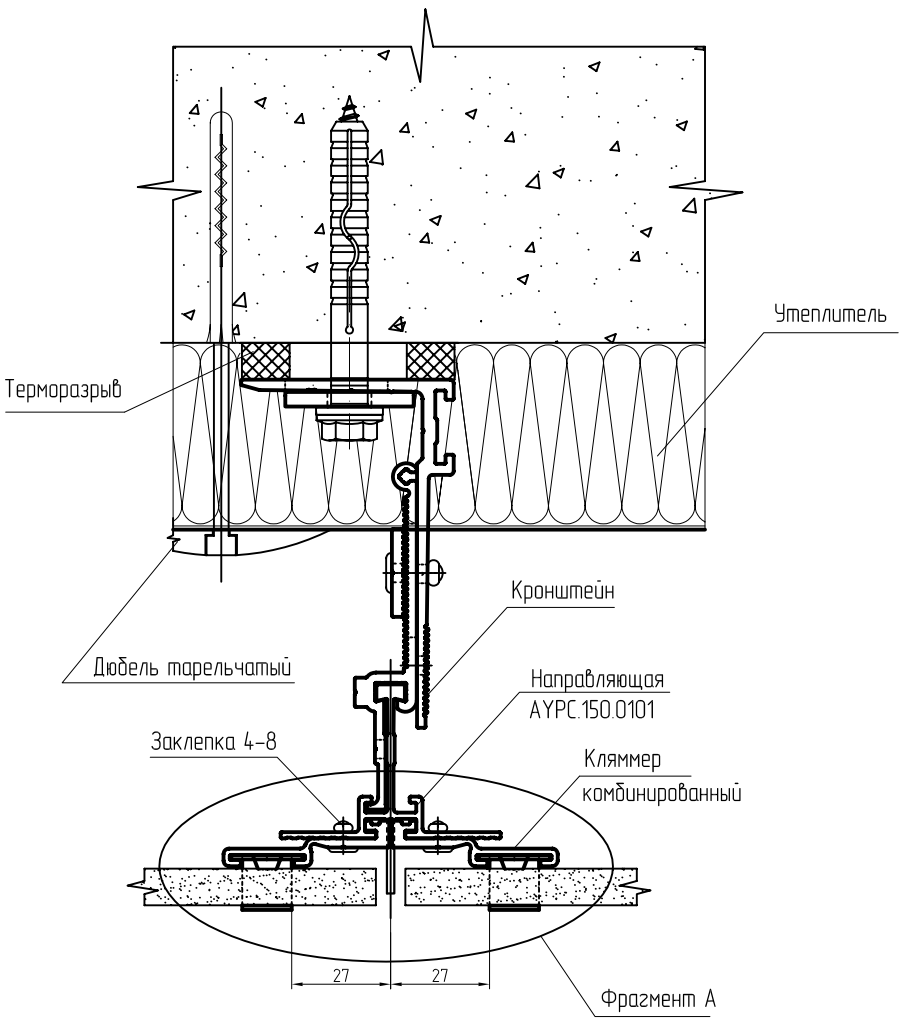


Фрагмент фасада



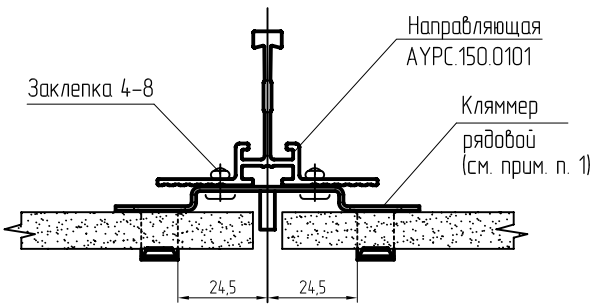
04

Узел 1. Узел крепления керамогранита в направляющей. Горизонтальный разрез



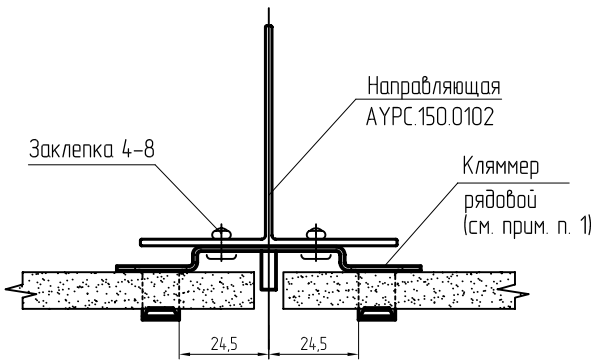
Фрагмент А

Вариант использования рядового кляммера на направляющей АУРС.150.0101



Фрагмент А

Вариант использования рядового кляммера на направляющей АУРС.150.0102

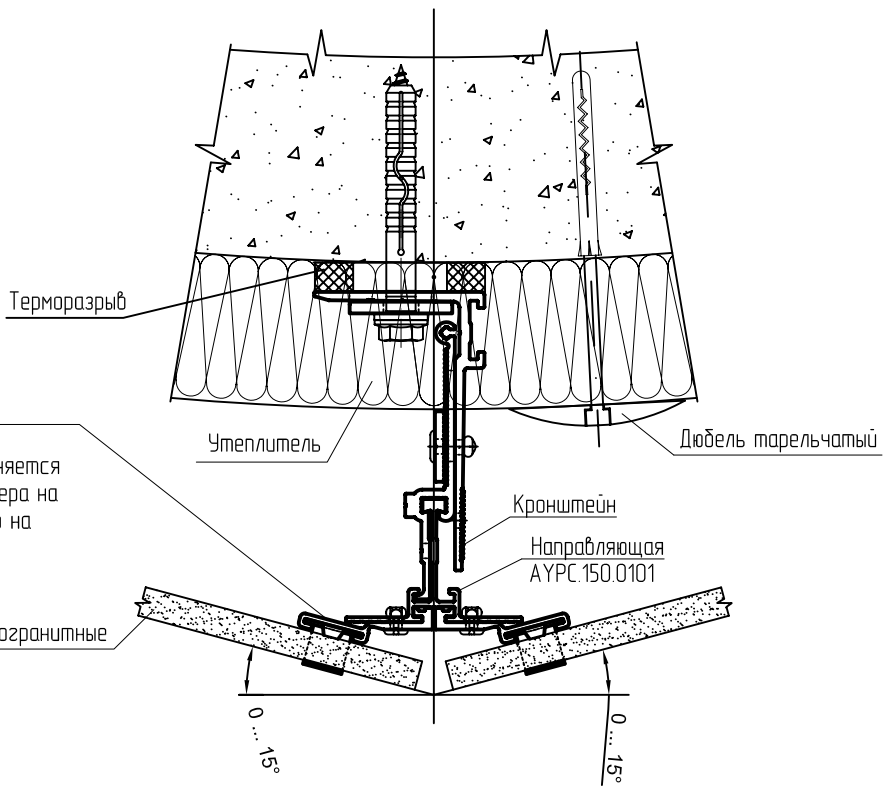


1. Кляммер изолируется от алюминиевой направляющей путем установки локальной электроизоляционной прокладки либо полимерным покрытием кляммера.

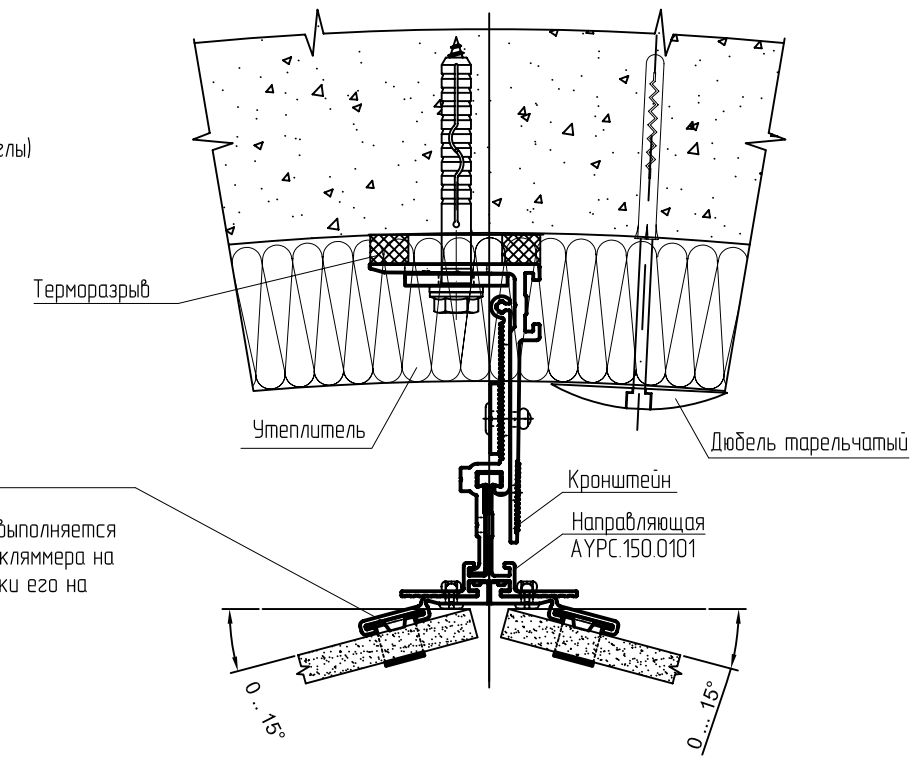
Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения

Варианты исполнения узла 1 для криволинейных оснований

Узел крепления керамогранита
к криволинейному основанию.
Горизонтальный разрез (выпуклое+углы)



Узел крепления керамогранита
к криволинейному основанию.
Горизонтальный разрез (вогнутое–углы)

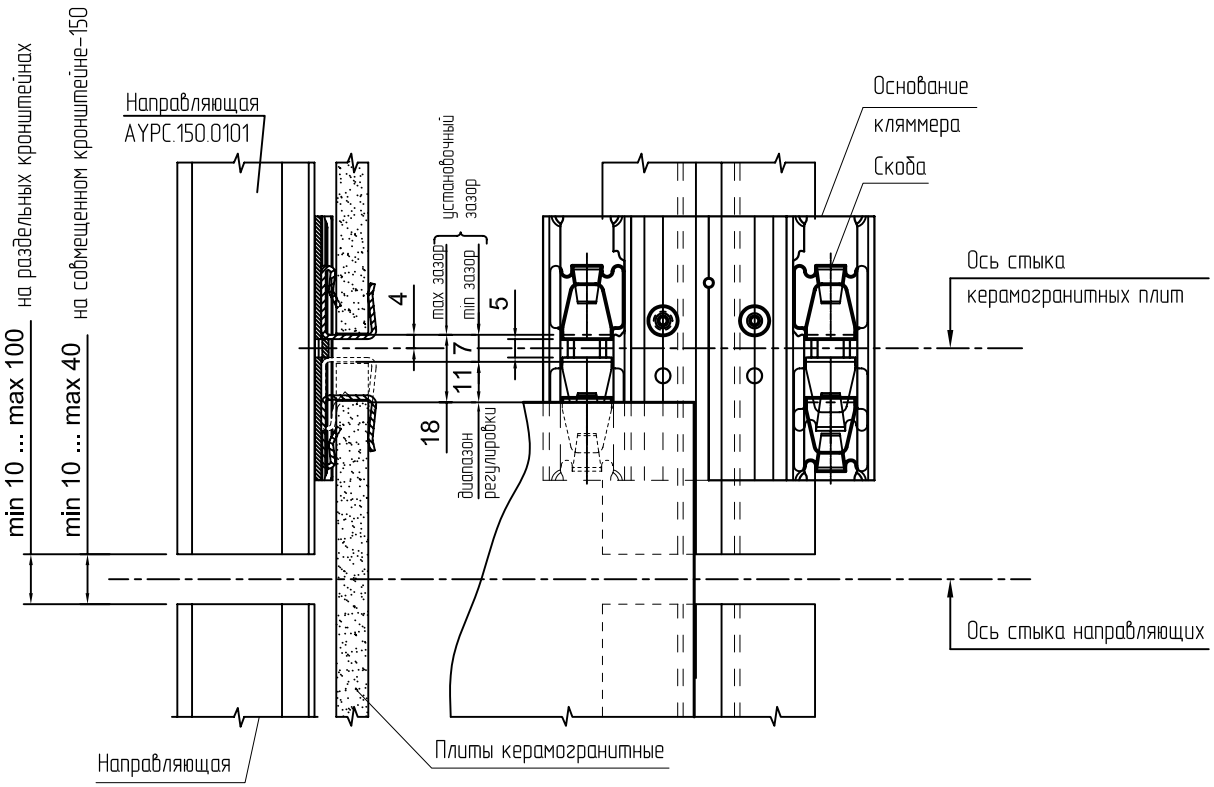


Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения

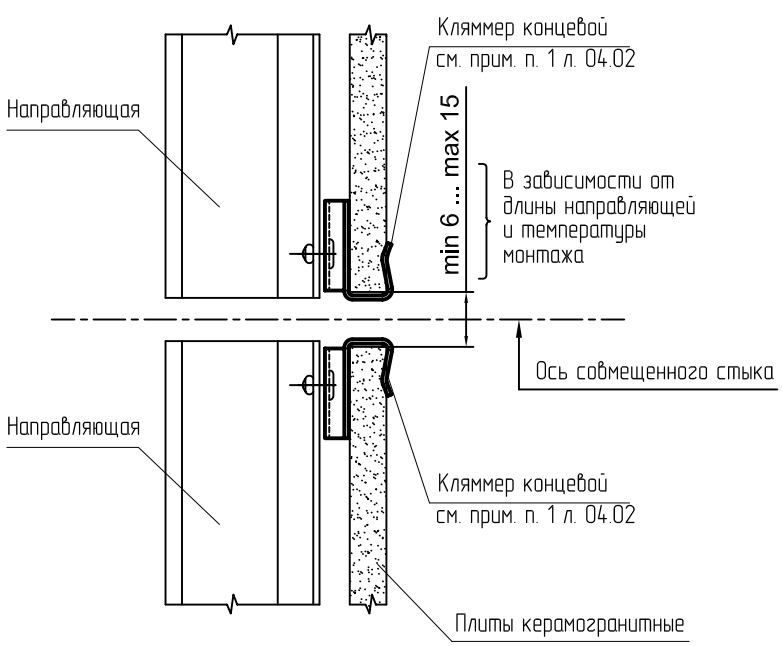
04

Узел 2. Узлы температурных стыков разных исполнений.

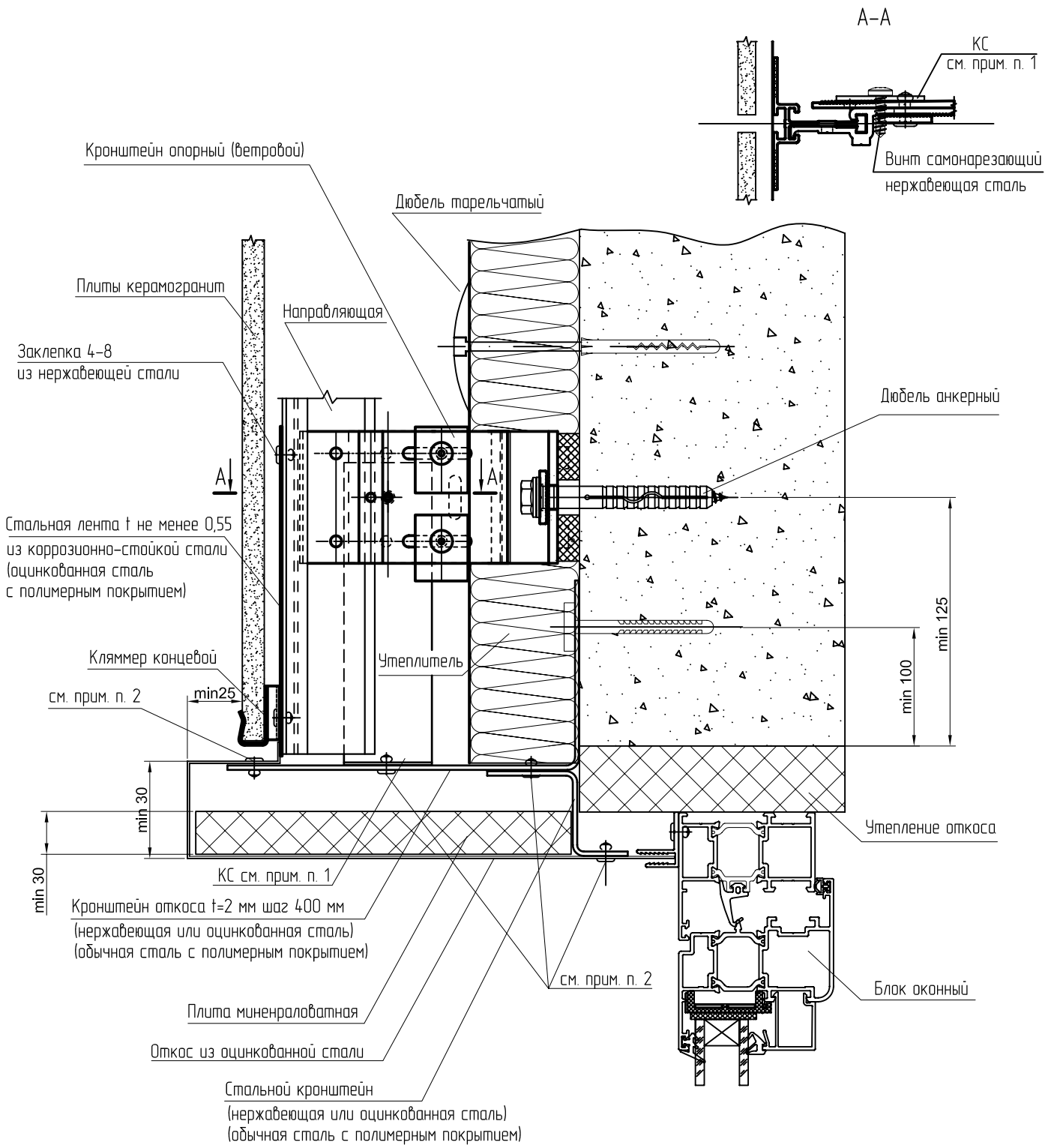
Узел температурного стыка керамогоранитных плит вразбежку со стыком направляющих с использованием комбинированного кляммера (термостык на одной направляющей) наиболее удобен в применении, так как не требует точной подгонки стыка керамогранитной плиты к стыку направляющих. От рядового стыка отличается только величиной установочного зазора, определяемого длиной направляющей и температурой монтажа керамогранитных плит.



Узел температурного стыка керамогоранитных плит, совмещенный со стыком направляющих (термостык на разных направляющих). Требует точной подгонки стыка направляющей к стыку керамогранитных плиток. Трудоемок в исполнениии. Используются концевые кляммеры, закрепляемые на разных направляющих. Выполнение стыка возможно на направляющих АУРС.150.0101 и АУРС.150.0102.

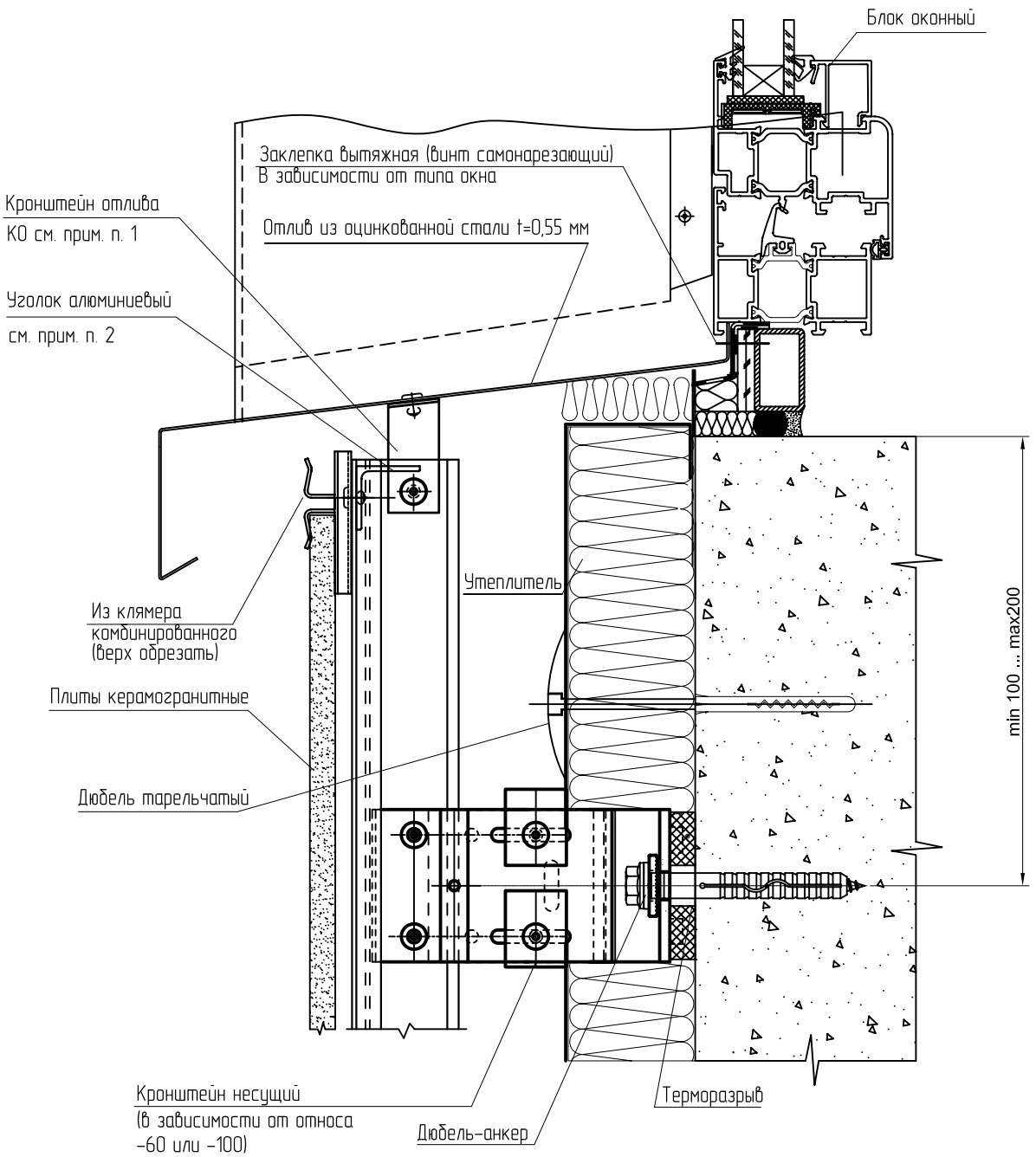


Узел 3. Узел примыкания фасада к оконному проему верхний



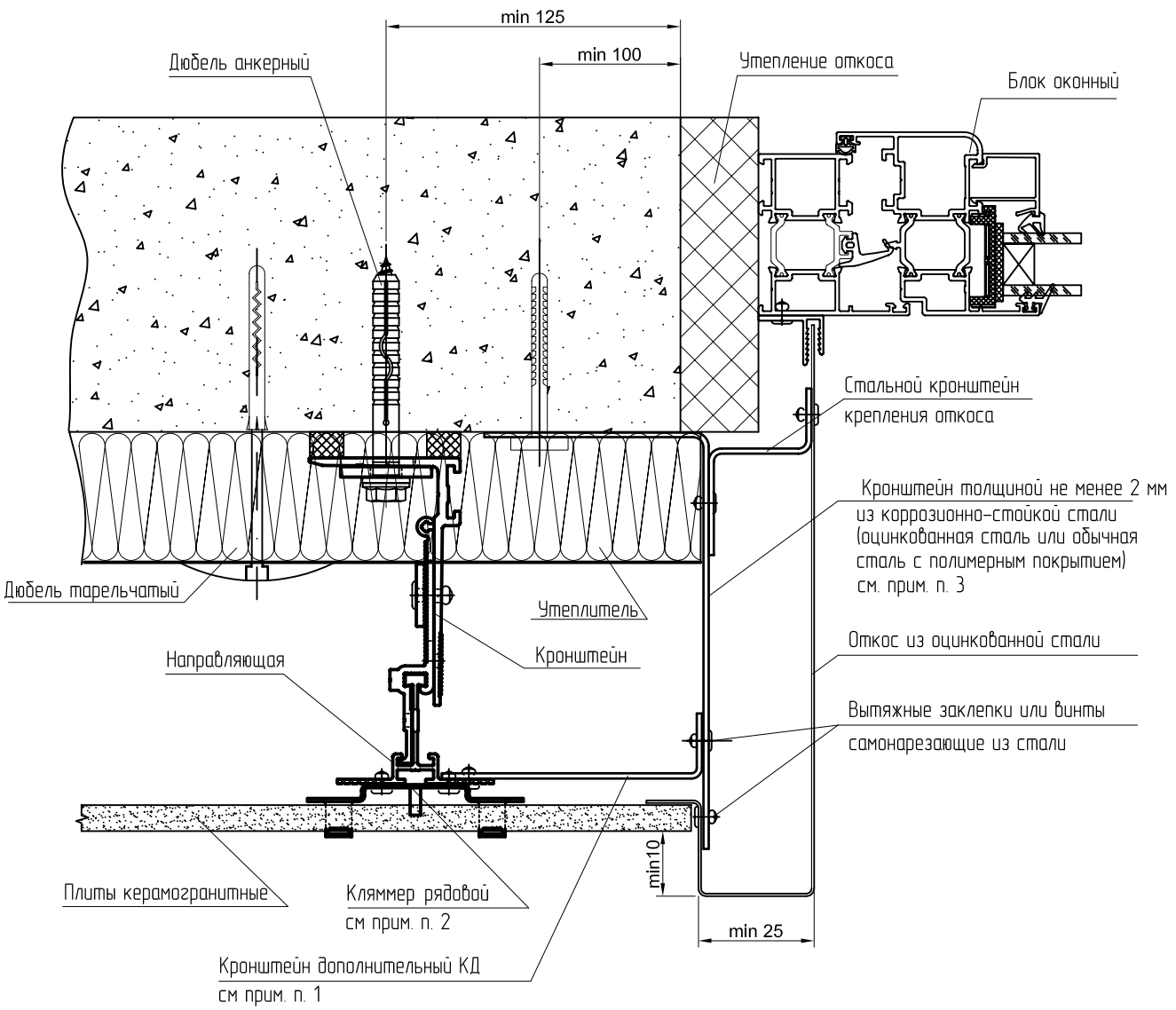
1. КС – кронштейн соединительный из коррозионно-стойкой или оцинкованной стали t=1 ... 2 мм крепится к направляющей заклепкой из нержавеющей стали или винтом самонарезающим из нержавеющей стали.
   Между алюминиевой направляющей и кронштейном отсечки установить электроизоляционную прокладку (тонколистовой поливинилхлорид).
2. Крепежные изделия (вытяжные заклепки или винты самонарезающие) должны быть из нержавеющей или коррозионно-стойкой стали.
   Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения.

Узел 4. Узел примыкания фасада к оконному проему нижний



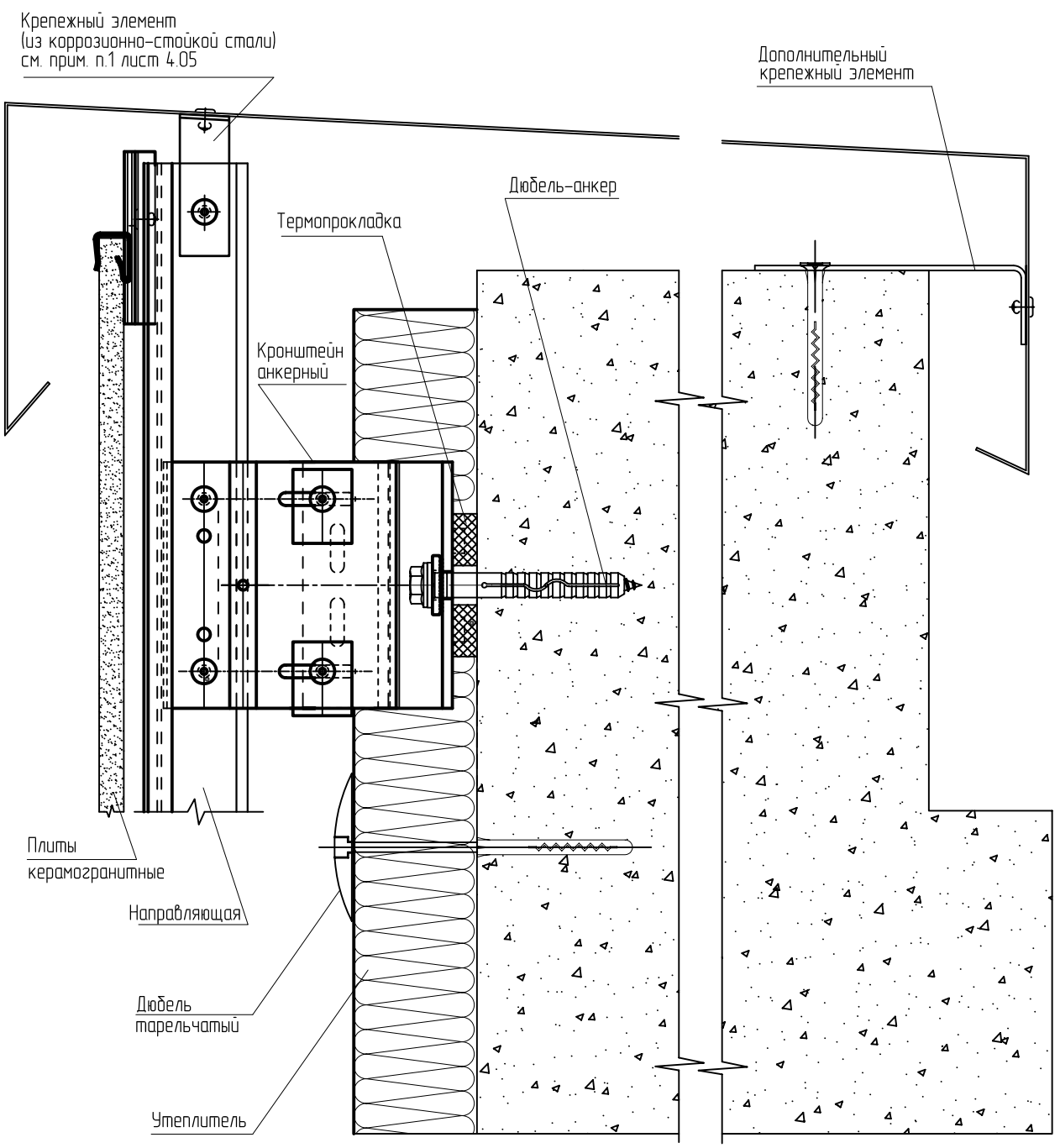
1. КО – кронштейн отлива из коррозионно-стойкой или оцинкованной стали t=1 ... 2 мм крепится к направляющей заклепкой из нержавеющей стали или винтом самонарезающим из нержавеющей стали.
   Между алюминиевой направляющей и кронштейном отсечки установить электроизоляционную прокладку (тонколистовой поливинилхлорид).
2. Дополнительный алюминиевый уголок 25х2 для соединения смежных направляющих в пределах оконного или дверного проема используется также для установки промежуточного кляммера при размере плитки более 350 мм.
   Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения.

Узел 5. Узел примыкания фасада к оконному проему боковой



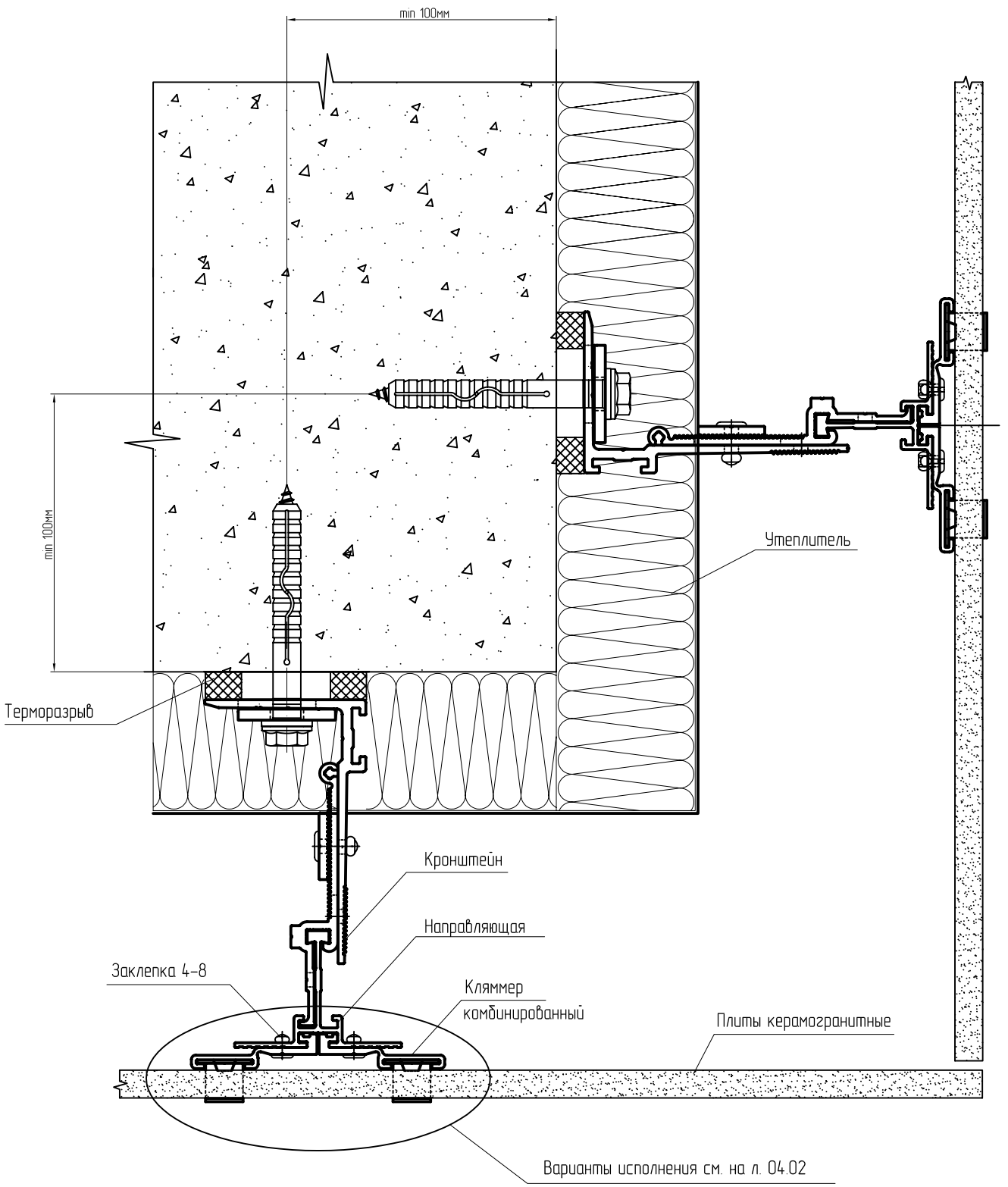
1. КД – кронштейн дополнительный из коррозионно-стойкой или оцинкованной стали t=1 ... 2 мм крепится к направляющей заклепкой из нержавеющей стали или винтом самонарезающим из нержавеющей стали.
   Шаг установки кронштейнов – 600 мм.
2. В зонах расположения боковых откосов крепление плитки выполнять только с помощью кляммеров, целиком выполненных из нержавеющей стали (кляммеры рядовые).
3. Шаг кронштейнов – не менее 600 мм. В случае применения боковых откосов из алюминиевого листа или композитных материалов вместо кронштейнов устанавливается сплошной экран противопожарной отсечки из стального листа с антикоррозийным покрытием (оцинковка или полимерное покрытие).
   Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения.

Узел 6. Узел примыкания керамогранита к парапету



Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения

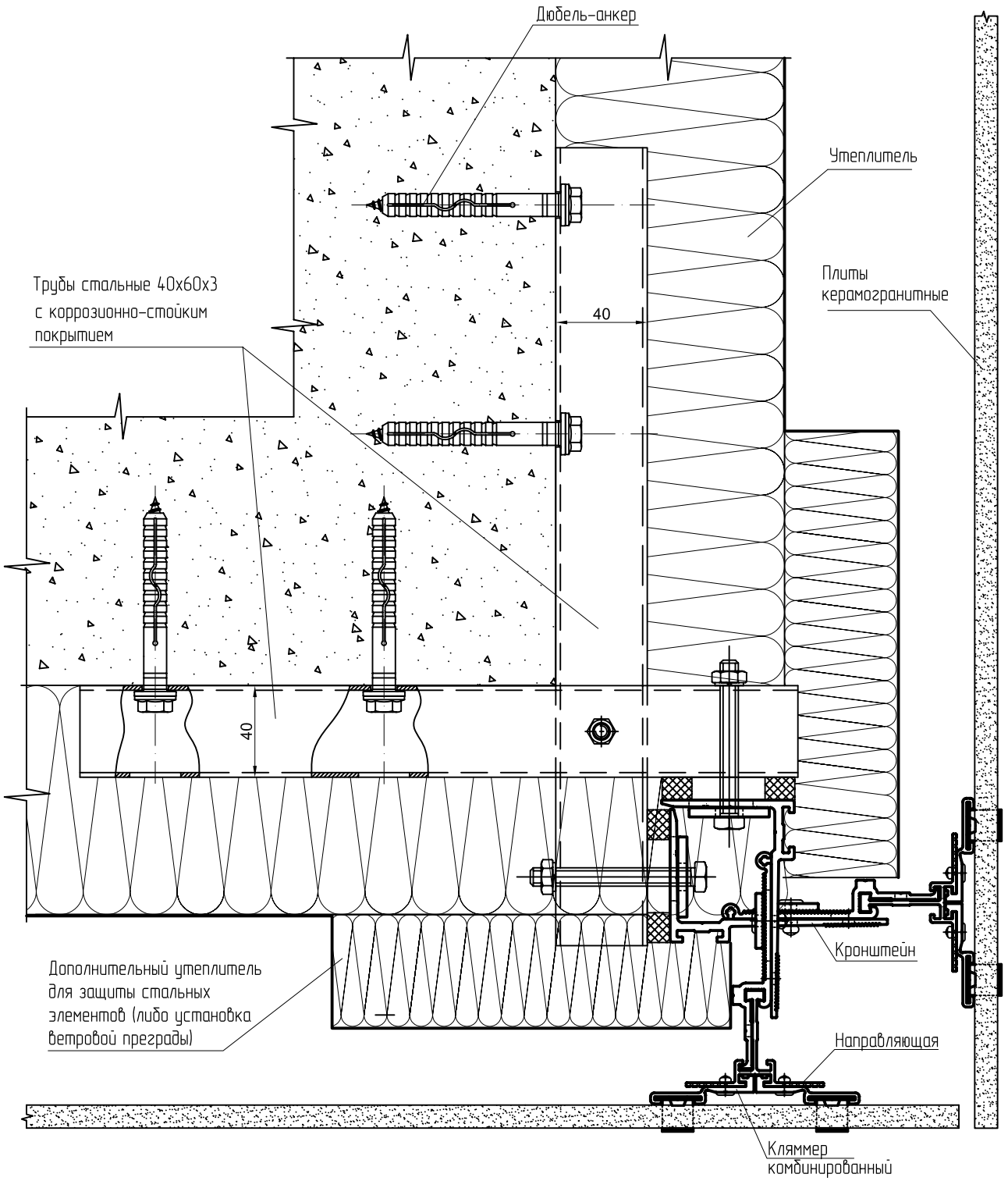
Узел 7. Узел крепления керамогранита на наружном углу фасада. Горизонтальный разрез



Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения

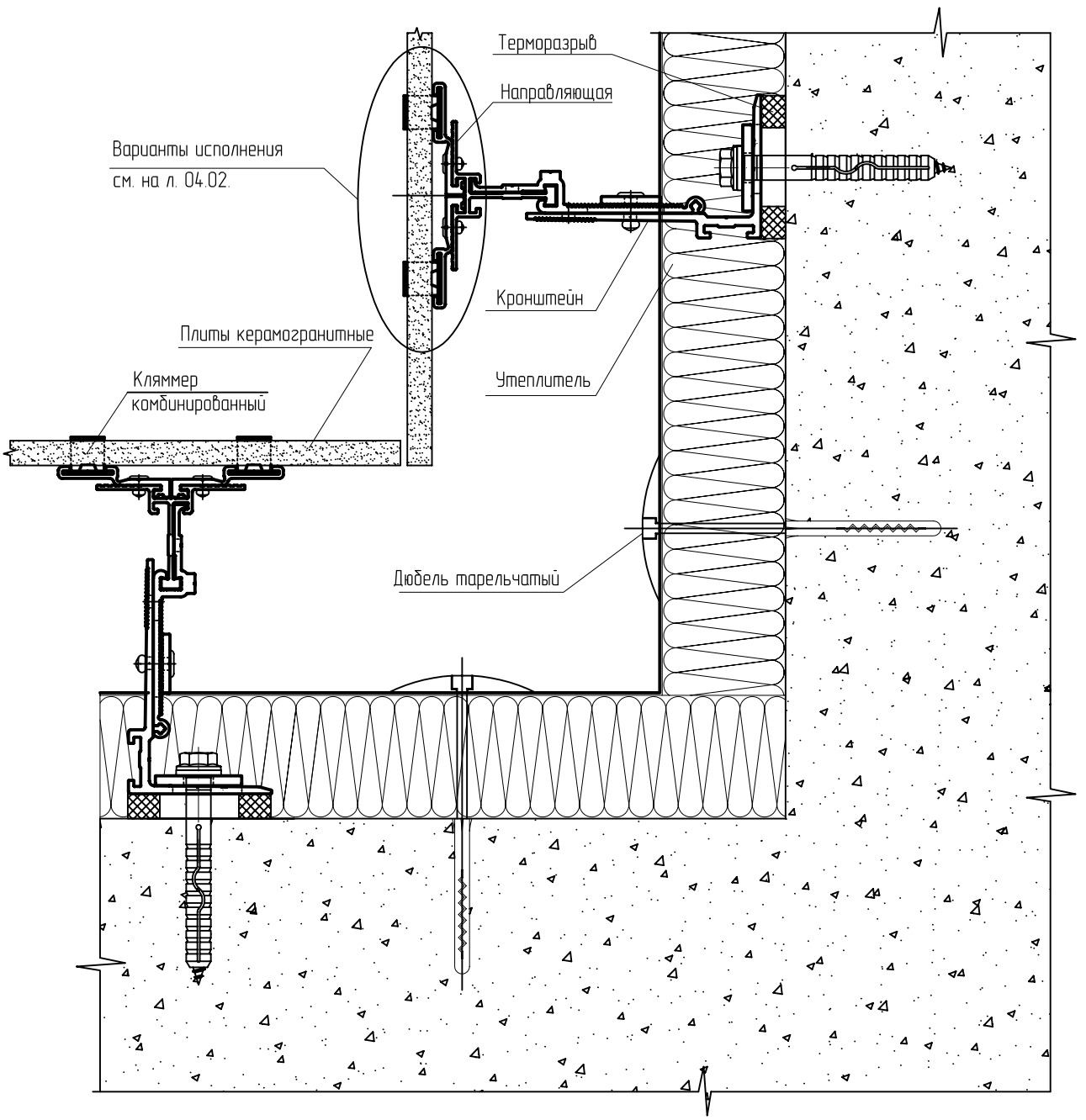
04

Вариант исполнения узла 7. Узел крепления керамогранита на наружном углу фасада при большом относе облицовки



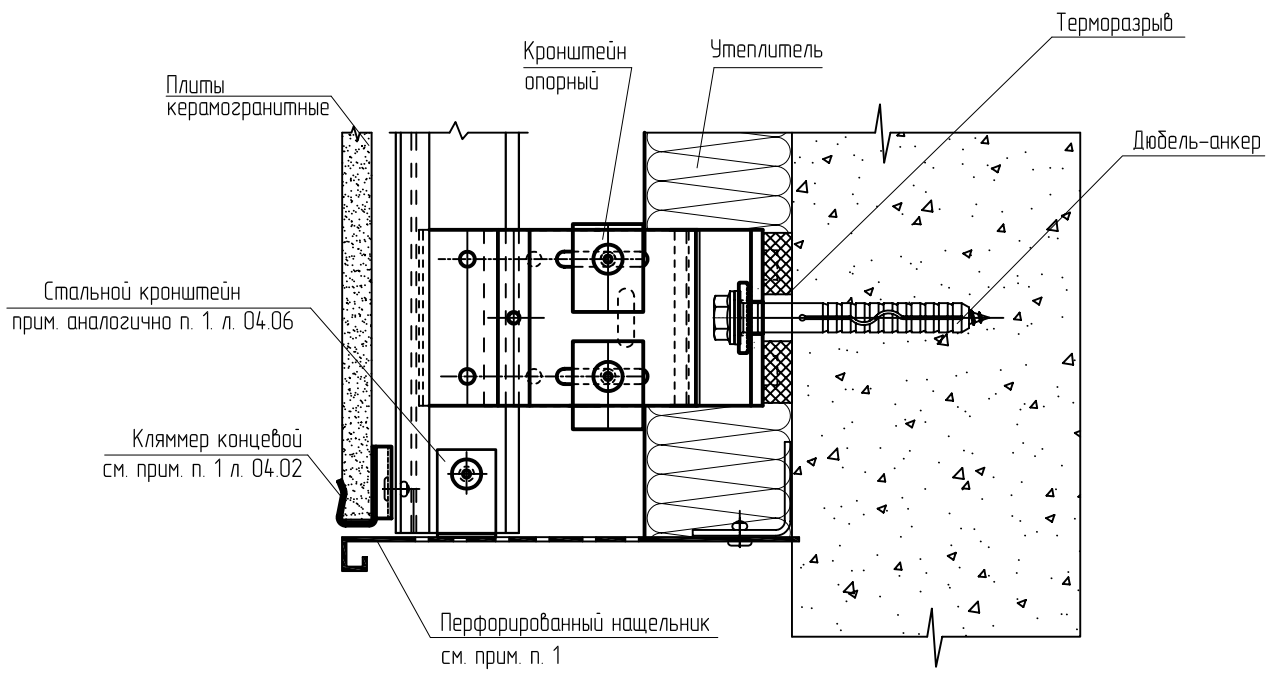
Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения

Узел 8. Узел крепления керамогранита к внутреннему углу фасада. Горизонтальный разрез

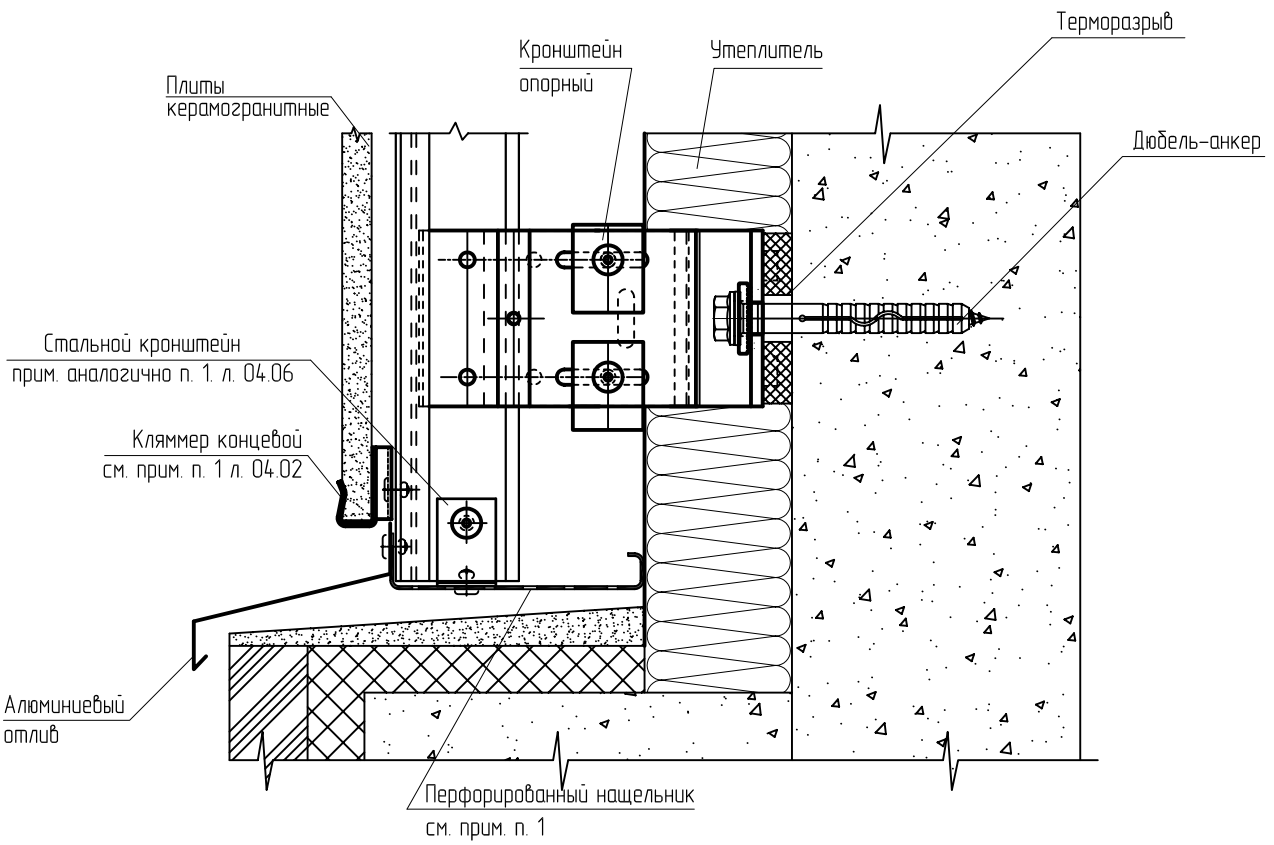


Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения

Узел 9. Узел примыкания фасада с воздушным зазором к цоколю (вариант исполнения 1)

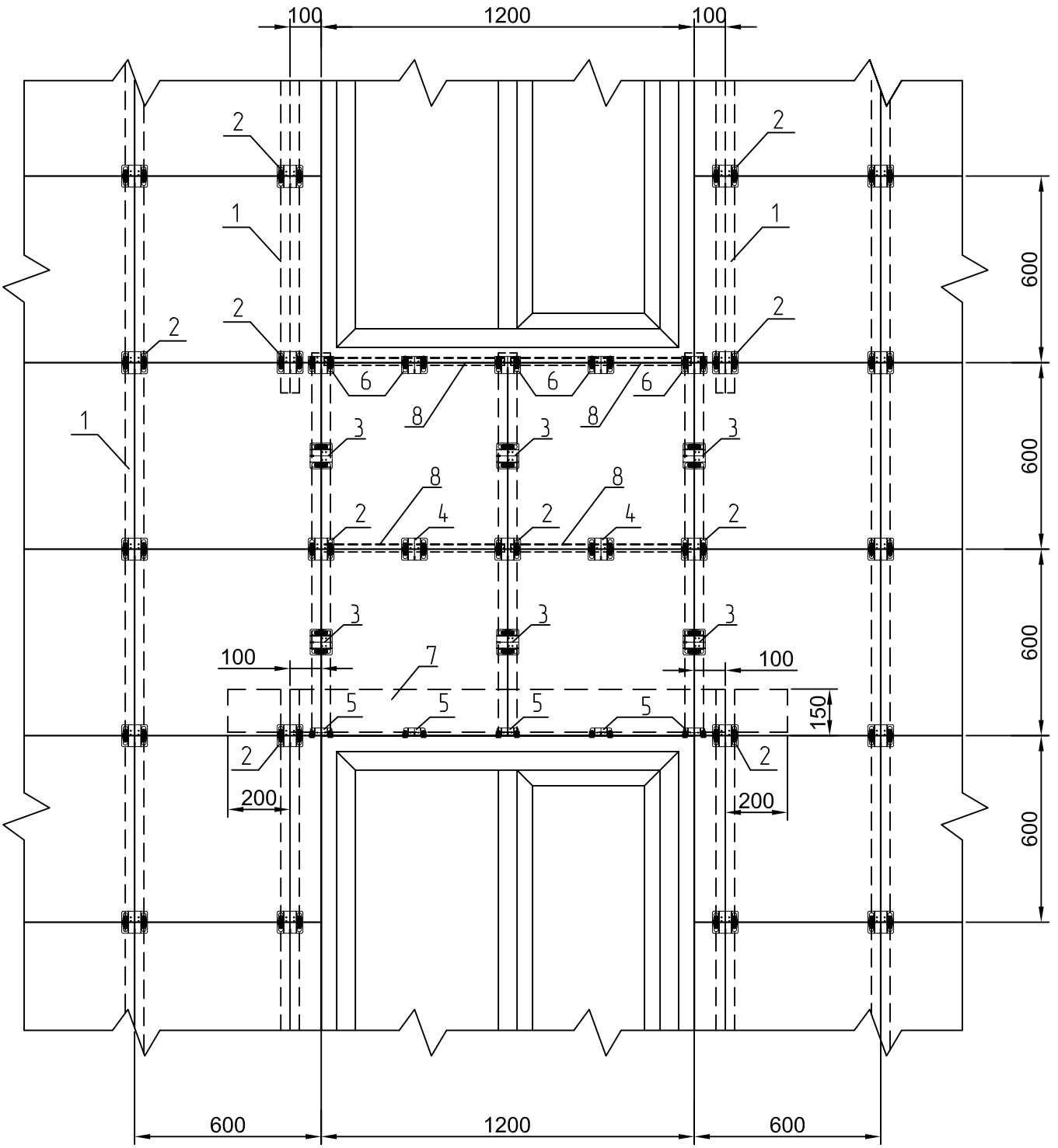


Узел 9. Узел примыкания фасада с воздушным зазором к цоколю (вариант исполнения 2)



1. Требования по установке перфорир. нащельника см. в экспертном заключении лаборатории противопожарных исследований ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (п. 2.7).
Необозначенные элементы см. на узлах сопряжения.

Схема крепления плитки в зоне дверных и оконных проемов



1. Направляющая
2. Кляммер рядовой
3. Кляммер рядовой, повернутый на 90 °
4. Кляммер рядовой, установленный на уголок
5. Кляммер концевой
6. Кляммер рядовой (при необходимости обрезать)
7. Стальная полоса толщиной не менее 0,55 мм (нержавеющая сталь, оцинкованная сталь, сталь с полимерным покрытием)
8. Алюминиевый уголок 25х2

ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

СХЕМА КРЕПЛЕНИЙ УТЕПЛИТЕЛЯ

Схема крепления утеплителя (минераловатные плиты)

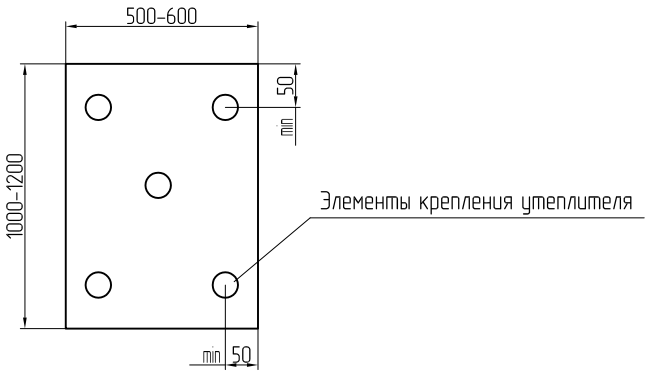
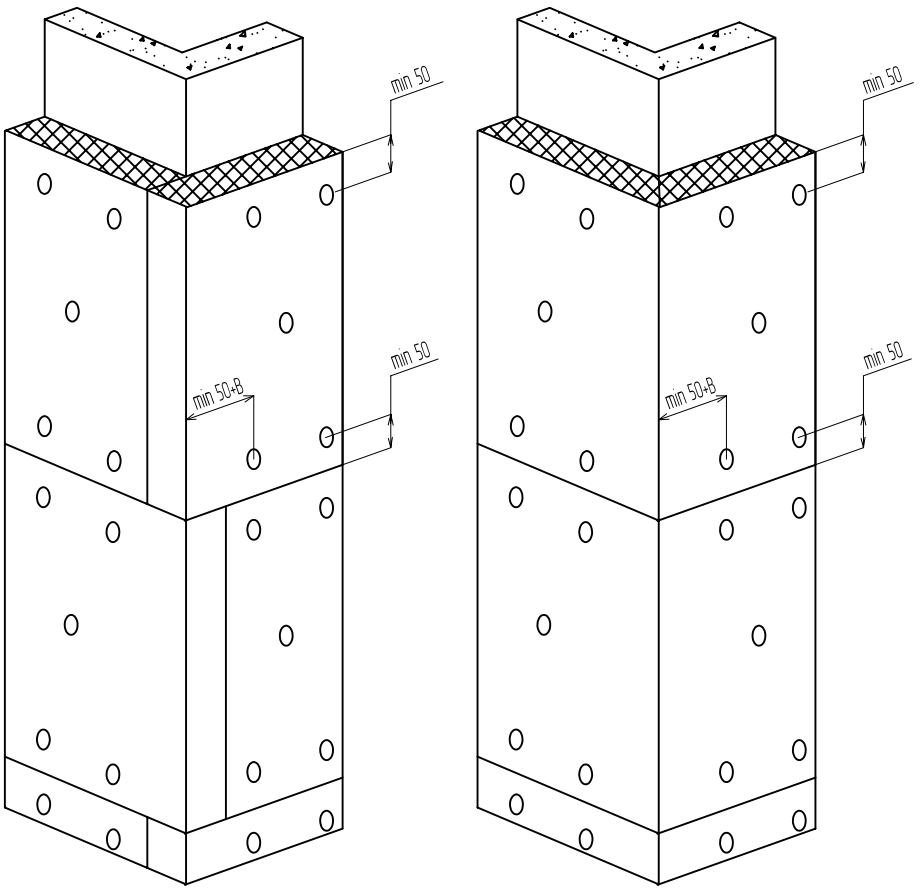


Схема крепления утеплителя на углу здания



1. Основной типоразмер минераловатных плит для вентилируемых фасадов – 600х1000, 600х1200.
2. Крепление плит утеплителя к стене осуществляется тарельчатыми дюбелями из расчета 5 шт. на 1 плиту.
3. В – толщина утеплителя.

Дополнительная установка утеплителя на углах здания (минераловатные плиты)

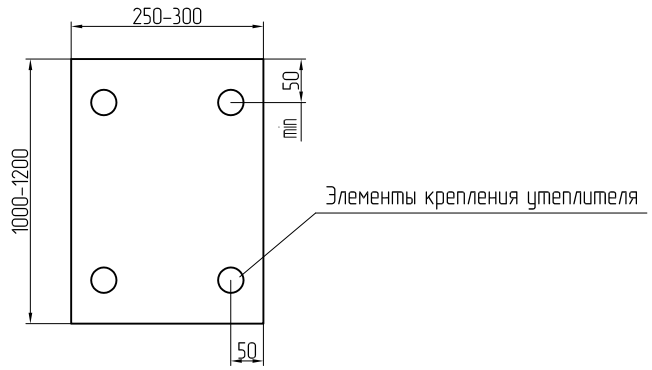
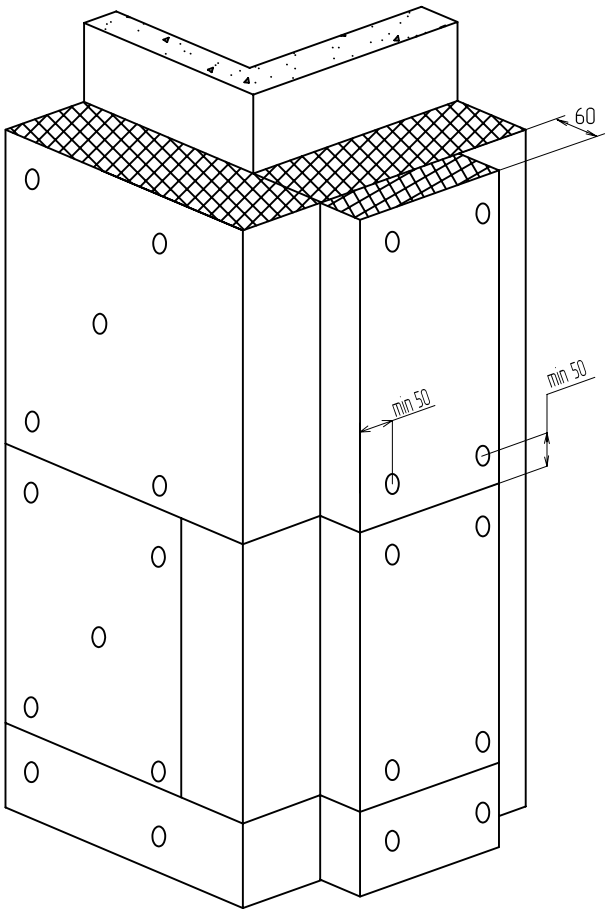


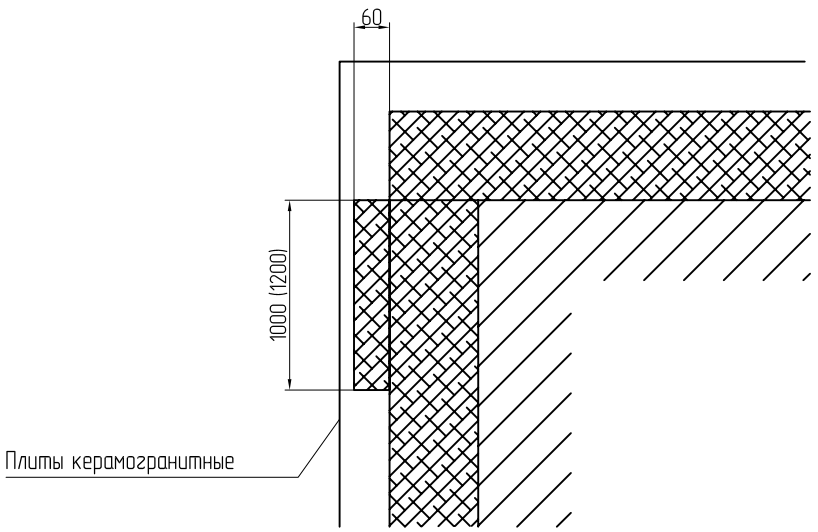
Схема крепления утеплителя на углу здания



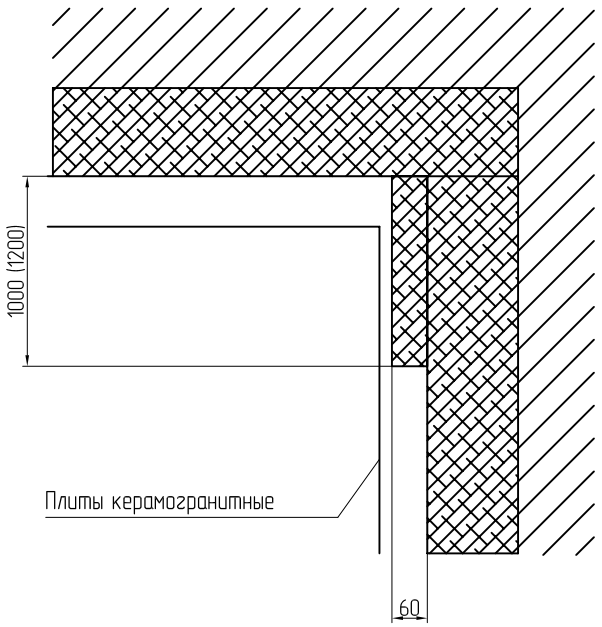
1. Основной типоразмер минераловатных плит для вентилируемых фасадов–600х1000, 600х1200.
2. Крепление плит утеплителя к стене осуществляется тарельчатыми дюбелями из расчета 5 шт. на 1 плиту.
3. В – толщина утеплителя.

Схема установки преград с применением утеплителя на углах здания (минераловатные плиты)

Наружный угол

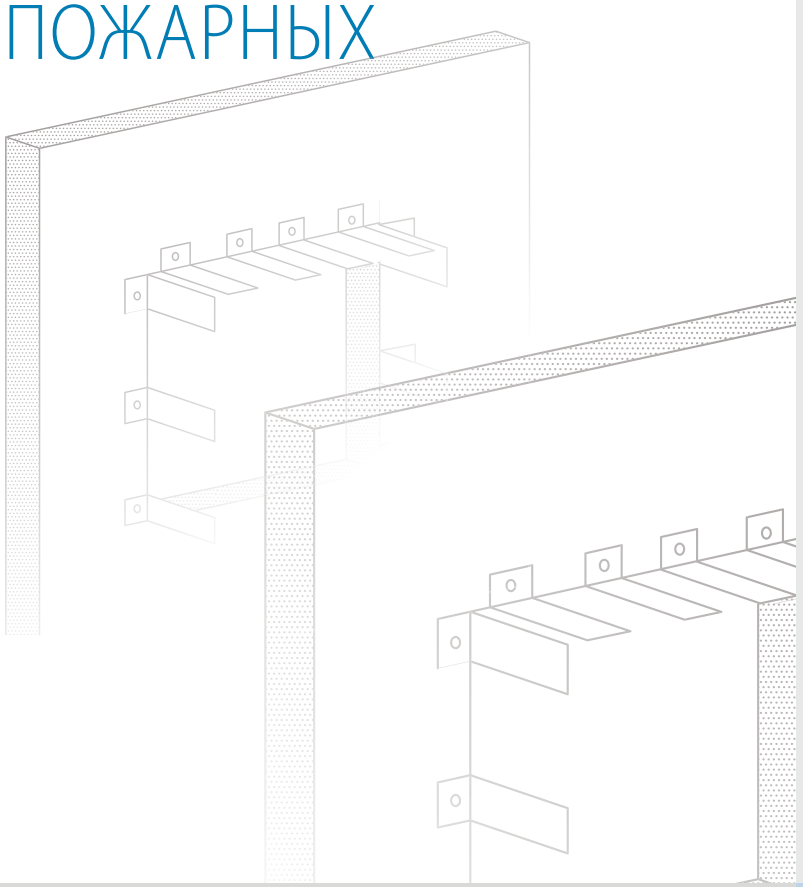


Внутренний угол



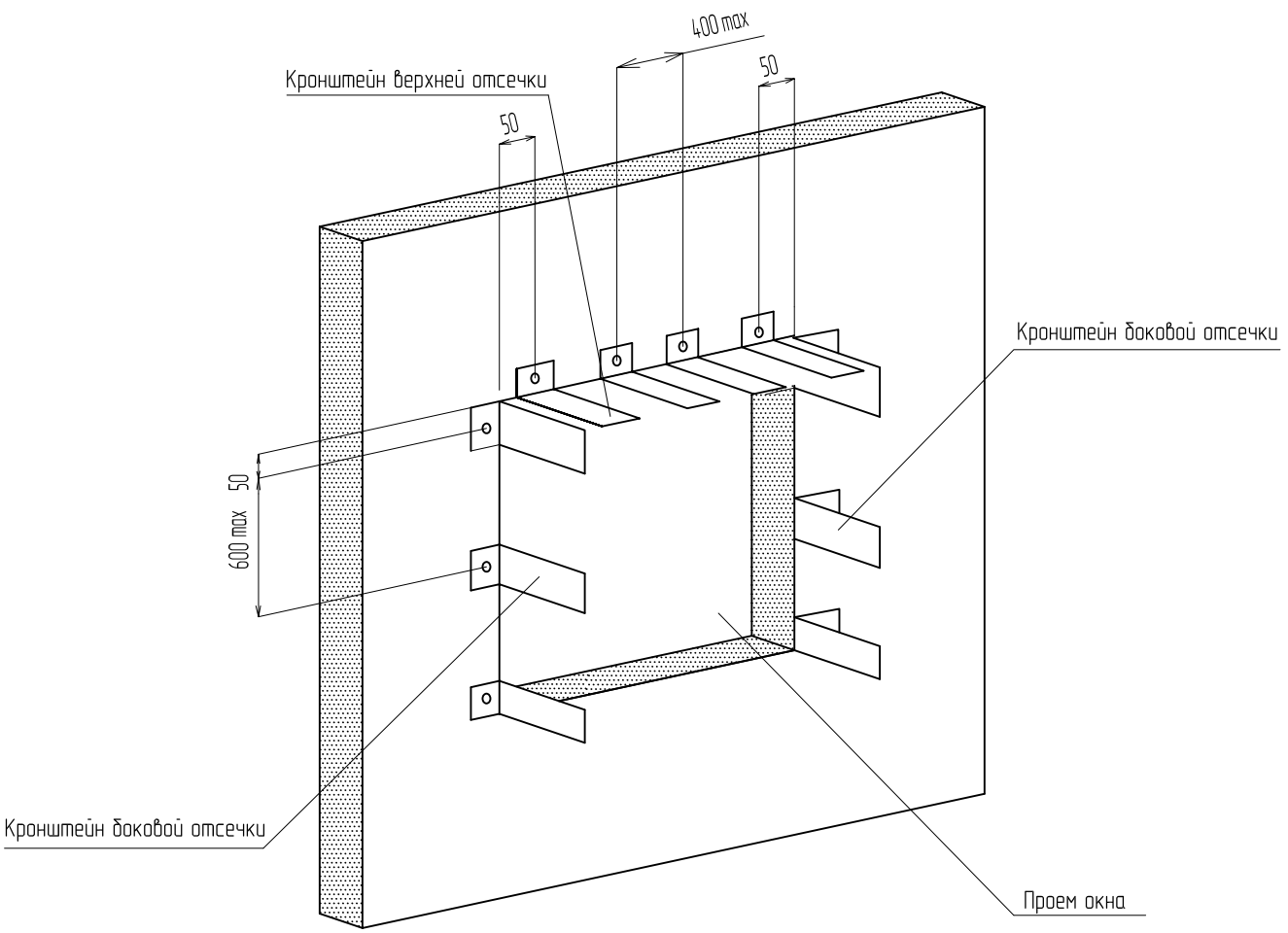
ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

СХЕМЫ КРОНШТЕЙНОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ОТСЕЧЕК



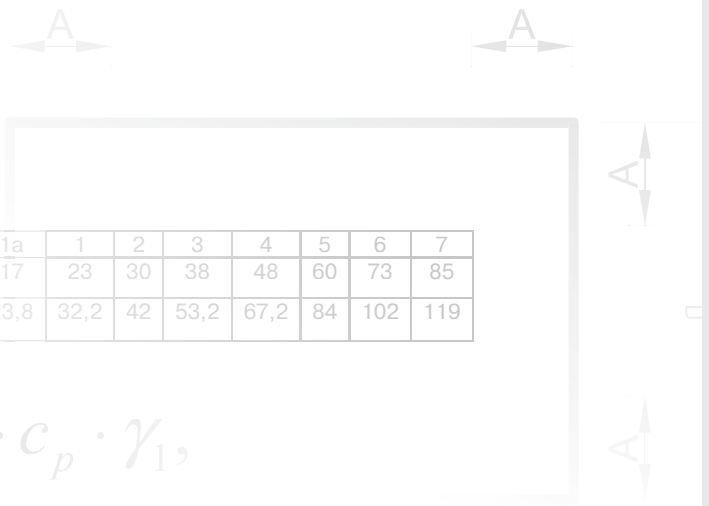
СХЕМЫ КРОНШТЕЙНОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ОТСЕЧЕК

Схема расстановки кронштейнов для крепления противопожарных отсечек.
(материал кронштейнов боковых отсечек – сталь оцинкованная t=2 мм)



ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

НАГРУЗКИ



Ветровой район	1а	1	2	3	4	5	6	7
ное давление ветра, w_{0n}	17	23	30	38	48	60	73	85
е давление ветра, w_{0p}	23,8	32,2	42	53,2	67,2	84	102	119

$$w = w_0 \cdot k_z(z) \cdot c_p \cdot \gamma_1,$$

$$w = w_{0n} \cdot k_П \cdot k_z(z) \cdot c_p$$

$$i = \gamma \cdot b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot p \cdot g,$$

На данный момент нормативным документом по определению ветровых нагрузок на здание и его элементы является СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

Согласно пункту 6.2 данного документа ветровую нагрузку следует определять как сумму средней и пульсационной составляющих.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m на высоте z над поверхностью земли следует определять по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c,$$

где: w_0 – нормативное значение ветрового давления согласно п. 6.4 СНиП (табл. 5);

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, согласно п. 6.5 СНиП (табл. 6);

c – аэродинамический коэффициент согласно п. 6.6 СНиП.

Нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки w_p на высоте z следует определять согласно п. 6.7 СНиП.

Основную сложность при определении w_p составляет необходимость определения частоты собственных колебаний конструкций и в зависимости от значений выполнять расчеты по разным формулам.

Для случая, когда первая частота собственных колебаний конструкции f_1 больше предельного значения собственной частоты f_L, расчет пульсационной составляющей выполняется без учета сил инерции по формуле:

$$w_p = w_m \cdot \zeta \cdot v,$$

где: ζ – коэффициент пульсаций давления ветра на высоте z, принимаемый по табл. 7;

v – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра, определяемый согласно п. 6.9 СНиП, в зависимости от размеров здания и направления ветра.

Для случая, когда первая частота собственных колебаний конструкции $f_1 < f_L$ пульсационная составляющая определяется с учетом динамических свойств конструкции по формуле:

$$w_p = w_m \cdot \xi \cdot \zeta \cdot v,$$

где: ξ – коэффициент динамичности, определяемый по черт. 2 СНиП в зависимости от параметра $\varepsilon = \frac{\sqrt{1{,}4 \cdot w_0}}{940 \cdot f_1}$ и логарифмического декремента колебаний δ, определяемого согласно п. 6.8 а) и б) СНиП.

Значения коэффициентов динамичности ξ, значения коэффициентов ε и δ приведены в СНиП для зданий и сооружений (железобетонных, каменных и зданий со стальным каркасом), которые имеют массово-жесткостные характеристики, отличающиеся от подобных для легких ограждающих конструкций, которыми являются облицовка и направляющие системы вентилируемых фасадов. Кроме того, необходимо учитывать вторичные пульсации ветровой нагрузки, связанные с нестационарным срывом вихрей на профиле здания, как указано В. Г. Гагариным, зав. лабораторией НИИСФ РААСН, по результатам компьютерного моделирования ветровых нагрузок на здание. Было также указано, что результирующие пиковые значения ветрового отсоса могут на 50–100% превышать значения СНиП в зависимости от конфигурации и направления ветра.

В результате расчеты становятся достаточно сложными для массового практического применения и требуют использования специализированных компьютерных программ и опытных пользователей этих программных продуктов.

Для упрощения расчетов ветровых нагрузок можно использовать рекомендации по определению ветровых нагрузок, разработанные ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя России (Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов для технической оценки пригодности. Москва, 2004).

В рекомендациях расчетные ветровые нагрузки на здание определяются по формуле:

$$w = w_0 \cdot k_z(z) \cdot c_p \cdot \gamma_1,$$

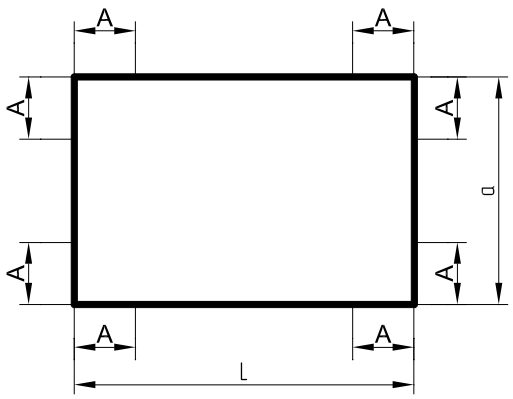
где: w_0 – нормативное значение ветрового давления согласно п. 6.4 СНиП (табл. 5);

$k_z(z)$ – коэффициент, учитывающий динамические свойства несущих конструкций фасадов, а также изменение суммарной (средней и пульсационной составляющей) ветровой нагрузки по высоте (приведен в табл. 3.1 рекомендаций);

c_p – аэродинамические коэффициенты , согласно пункта 3.3.4 рекомендаций;

γ_1 – коэффициент перегрузки для ветровой нагрузки, принимаемый равным 1,4.

Аэродинамические коэффициенты c_p для различных участков стен прямоугольных в плане зданий принимают равными согласно рис. 3.1 п. 3.3.4.



При определении положительного давления:

$$c_p = +1{,}0$$

При определении отрицательного давления:

$c_p = -2{,}0$ для участка А

$c_p = -1{,}1$ для остальной поверхности здания

На основании вышеизложенного составлены таблицы расчетных ветровых нагрузок в зависимости от ветрового района, высоты здания и участков здания относительно ветра (коэффициенты c_p):

- Таблица 1. Для местности типа А (л. 07.03);
- Таблица 2. Для местности типа В (л. 07.04).

При наклонном расположении облицовки, а также при выступающих или западающих участках облицовки следует учитывать снеговую нагрузку.

Ветровой район	1а	1	2	3	4	5	6	7
Нормативное давление ветра, w_{0n}	17	23	30	38	48	60	73	85
Расчетное давление ветра, w_{0p}	23,8	32,2	42	53,2	67,2	84	102	119

Формула для определения расчетной ветровой нагрузки:

$$w = w_{0n} \cdot k_{П} \cdot k_z(z) \cdot c_p,$$

где: w_{0n} – нормативное давление ветра, $кг/м^2$;

w_{0p} – расчетное давление ветра, $кг/м^2$;

$k_{П}$ – коэффициент перегрузки для ветровой нагрузки 1,4;

$k_z(z)$ – коэффициент, учитывающий динамические свойства несущих конструкций фасадов, а также изменение суммарной (средней и пульсационной составляющей) ветровой нагрузки по высоте z;

c_p – аэродинамический коэффициент давления.

Таблица 1

Таблица расчетных ветровых нагрузок по высоте																			Тип местности А
Высота , м	Коэфф. $K_z(z)$	Ветровые районы																	
		1а			1			2			3			4			5		
		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-	
			центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.
коэфф. C_p		1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2
5	1,50	35,7	39,3	71,4	48,3	53,1	96,6	63	69,3	126	79,8	87,8	160	101	111	202	126	139	252
10	1,76	41,9	46,1	83,8	56,7	62,3	113	73,9	81,3	148	93,6	103	187	118	130	237	148	163	296
15	1,94	46,2	50,8	92,3	62,5	68,7	125	81,5	89,6	163	103	114	206	130	143	261	163	179	326
20	2,07	49,3	54,2	98,5	66,7	73,3	133	86,9	95,6	174	110	121	220	139	153	278	174	191	348
25	2,19	52,1	57,3	104	70,5	77,6	141	92	101	184	117	128	233	147	162	294	184	202	368
30	2,29	54,5	60	109	73,7	81,1	147	96,2	106	192	122	134	244	154	169	308	192	212	385
35	2,37	56,4	62	113	76,3	83,9	153	99,5	109	199	126	139	252	159	175	319	199	219	398
40	2,45	58,3	64,1	117	78,9	86,8	158	103	113	206	130	143	261	165	181	329	206	226	412
45	2,52	60	66	120	81,1	89,3	162	106	116	212	134	147	268	169	186	339	212	233	423
50	2,59	61,6	67,8	123	83,4	91,7	167	109	120	218	138	152	276	174	191	348	218	239	435
55	2,65	63,1	69,4	126	85,3	93,9	171	111	122	223	141	155	282	178	196	356	223	245	445
60	2,71	64,5	70,9	129	87,3	96	175	114	125	228	144	159	288	182	200	364	228	250	455
65	2,76	65,7	72,3	131	88,9	97,8	178	116	128	232	147	162	294	185	204	371	232	255	464
70	2,81	66,9	73,6	134	90,5	99,5	181	118	130	236	149	164	299	189	208	378	236	260	472
75	2,86	68,1	74,9	136	92,1	101	184	120	132	240	152	167	304	192	211	384	240	264	480
80	2,90	69	75,9	138	93,4	103	187	122	134	244	154	170	309	195	214	390	244	268	487
85	2,95	70,2	77,2	140	95	104	190	124	136	248	157	173	314	198	218	396	248	273	496
90	2,99	71,2	78,3	142	96,3	106	193	126	138	251	159	175	318	201	221	402	251	276	502
95	3,03	72,1	79,3	144	97,6	107	195	127	140	255	161	177	322	204	224	407	255	280	509
100	3,07	73,1	80,4	146	98,9	109	198	129	142	258	163	180	327	206	227	413	258	284	516
105	3,11	74	81,4	148	100	110	200	131	144	261	165	182	331	209	230	418	261	287	522
110	3,14	74,7	82,2	149	101	111	202	132	145	264	167	184	334	211	232	422	264	290	528
115	3,18	75,7	83,3	151	102	113	205	134	147	267	169	186	338	214	235	427	267	294	534
120	3,21	76,4	84	153	103	114	207	135	148	270	171	188	342	216	237	431	270	297	539
125	3,24	77,1	84,8	154	104	115	209	136	150	272	172	190	345	218	240	435	272	299	544
130	3,28	78,1	85,9	156	106	116	211	138	152	276	174	192	349	220	242	441	276	303	551
135	3,31	78,8	86,7	158	107	117	213	139	153	278	176	194	352	222	245	445	278	306	556
140	3,34	79,5	87,4	159	108	118	215	140	154	281	178	195	355	224	247	449	281	309	561
145	3,37	80,2	88,2	160	109	119	217	142	156	283	179	197	359	226	249	453	283	311	566
150	3,39	80,7	88,8	161	109	120	218	142	157	285	180	198	361	228	251	456	285	313	570

Таблица 2

Таблица расчетных ветровых нагрузок по высоте																				Тип местности В
Высота , м	Коэфф. $K_z(z)$	Ветровые районы																		
		1а			1			2			3			4			5			
		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-		w_+	w_-	
			центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.		центр. уч.	крайн. уч.
коэфф. C_p		1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2	1	1,1	2
5	1,09	25,9	28,5	51,9	35,1	38,6	70,2	45,8	50,4	91,6	58	63,8	116	73,2	80,6	146	91,6	101	183
10	1,34	31,9	35,1	63,8	43,1	47,5	86,3	56,3	61,9	113	71,3	78,4	143	90	99,1	180	113	124	225
15	1,51	35,9	39,5	71,9	48,6	53,5	97,2	63,4	69,8	127	80,3	88,4	161	101	112	203	127	140	254
20	1,65	39,3	43,2	78,5	53,1	58,4	106	69,3	76,2	139	87,8	96,6	176	111	122	222	139	152	277
25	1,77	42,1	46,3	84,3	57	62,7	114	74,3	81,8	149	94,2	104	188	119	131	238	149	164	297
30	1,87	44,5	49	89	60,2	66,2	120	78,5	86,4	157	99,5	109	199	126	138	251	157	173	314
35	1,96	46,6	51,3	93,3	63,1	69,4	126	82,3	90,6	165	104	115	209	132	145	263	165	181	329
40	2,04	48,6	53,4	97,1	65,7	72,3	131	85,7	94,2	171	109	119	217	137	151	274	171	188	343
45	2,12	50,5	55,5	101	68,3	75,1	137	89	97,9	178	113	124	226	142	157	285	178	196	356
50	2,19	52,1	57,3	104	70,5	77,6	141	92	101	184	117	128	233	147	162	294	184	202	368
55	2,25	53,6	58,9	107	72,5	79,7	145	94,5	104	189	120	132	239	151	166	302	189	208	378
60	2,32	55,2	60,7	110	74,7	82,2	149	97,4	107	195	123	136	247	156	171	312	195	214	390
65	2,38	56,6	62,3	113	76,6	84,3	153	100	110	200	127	139	253	160	176	320	200	220	400
70	2,43	57,8	63,6	116	78,2	86,1	156	102	112	204	129	142	259	163	180	327	204	225	408
75	2,49	59,3	65,2	119	80,2	88,2	160	105	115	209	132	146	265	167	184	335	209	230	418
80	2,54	60,5	66,5	121	81,8	90	164	107	117	213	135	149	270	171	188	341	213	235	427
85	2,59	61,6	67,8	123	83,4	91,7	167	109	120	218	138	152	276	174	191	348	218	239	435
90	2,63	62,6	68,9	125	84,7	93,2	169	110	122	221	140	154	280	177	194	353	221	243	442
95	2,68	63,8	70,2	128	86,3	94,9	173	113	124	225	143	157	285	180	198	360	225	248	450
100	2,72	64,7	71,2	129	87,6	96,3	175	114	126	228	145	159	289	183	201	366	228	251	457
105	2,77	65,9	72,5	132	89,2	98,1	178	116	128	233	147	162	295	186	205	372	233	256	465
110	2,81	66,9	73,6	134	90,5	99,5	181	118	130	236	149	164	299	189	208	378	236	260	472
115	2,85	67,8	74,6	136	91,8	101	184	120	132	239	152	167	303	192	211	383	239	263	479
120	2,89	68,8	75,7	138	93,1	102	186	121	134	243	154	169	307	194	214	388	243	267	486
125	2,93	69,7	76,7	139	94,3	104	189	123	135	246	156	171	312	197	217	394	246	271	492
130	2,96	70,4	77,5	141	95,3	105	191	124	137	249	157	173	315	199	219	398	249	274	497
135	3,00	71,4	78,5	143	96,6	106	193	126	139	252	160	176	319	202	222	403	252	277	504
140	3,04	72,4	79,6	145	97,9	108	196	128	140	255	162	178	323	204	225	409	255	281	511
145	3,07	73,1	80,4	146	98,9	109	198	129	142	258	163	180	327	206	227	413	258	284	516
150	3,10	73,8	81,2	148	99,8	110	200	130	143	260	165	181	330	208	229	417	260	286	521

Гололедные нагрузки

Расчетное значение поверхностной гололедной нагрузки согласно СНиП определяется по формуле:

$$i = \gamma \cdot b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot p \cdot g,$$

где: i – расчетное значение гололедной нагрузки в Па $(1Па = 1Н/м^2 = 0{,}1кг/м^2)$;

γ – коэффициент перегрузки для гололедной нагрузки принимается равным 1,3 согласно п. 7.4;

b – толщина стенки гололеда в мм, принимается по табл. 11 и 12 СНиП;

k – коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и принимаемый по табл. 13;

μ_2 – коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженного обледенению, к полной площади элемента. Для двустороннего равномерного обледенения принимается равным 0,6;

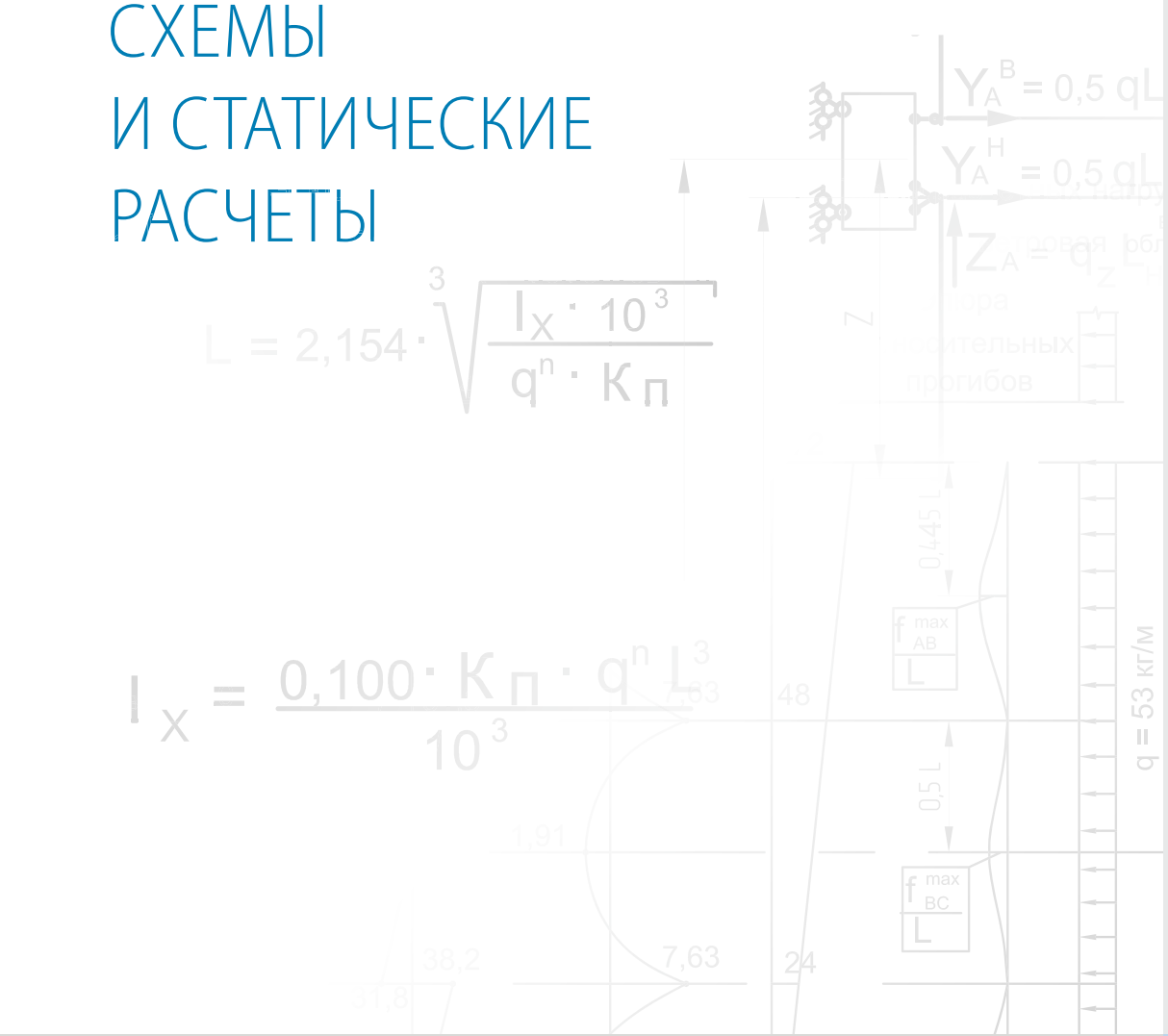
p – плотность льда, принимаемая равной 0,9 $кг/м^3$;

g – ускорение свободного падения, $м/сек^2$.

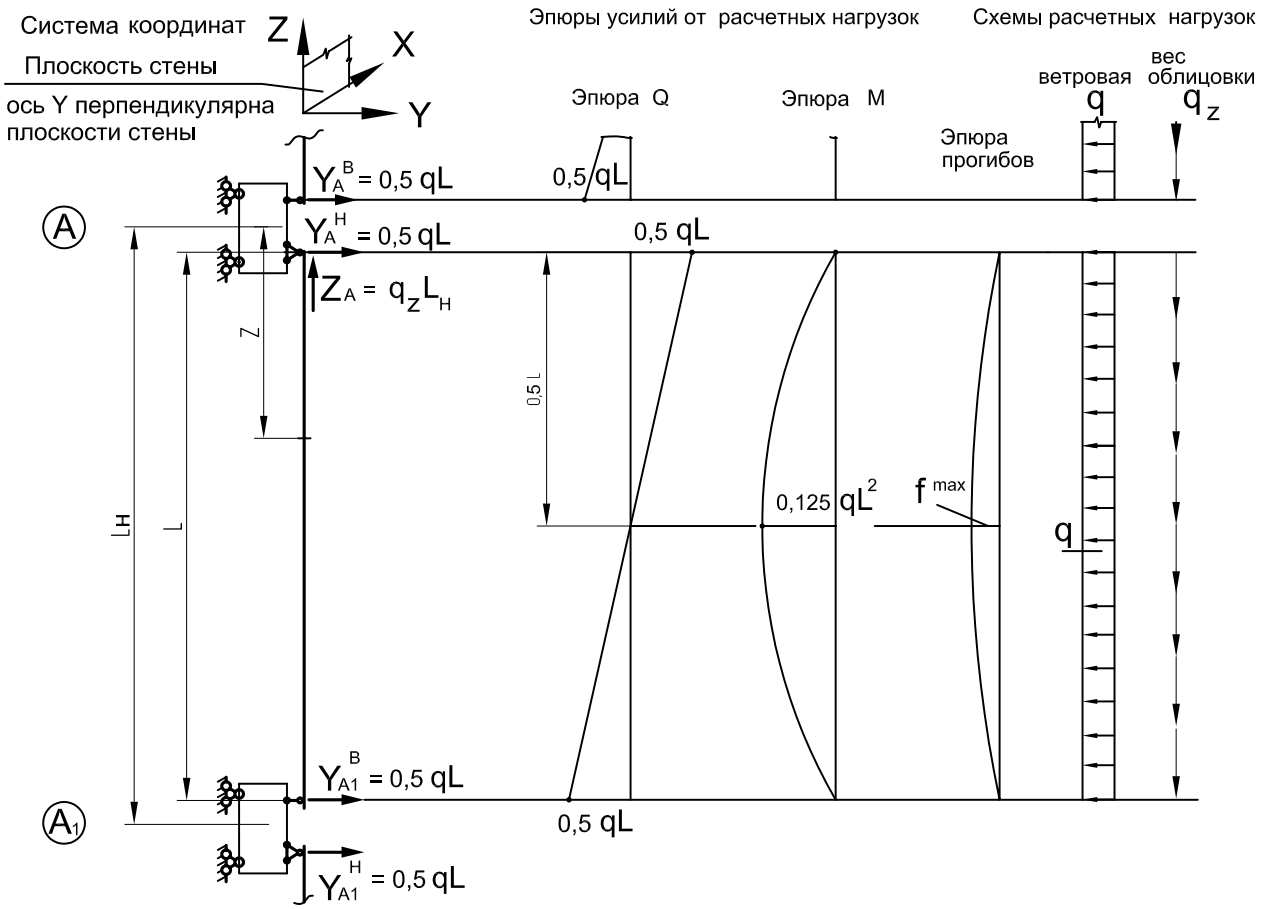
Ветровую нагрузку на конструкции при учете гололедной нагрузки следует принимать равным 25% от расчетной согласно п. 7.4.

ALUTECH ALT 150КГ
СИСТЕМА
НАВЕСНОГО ФАСАДА
С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ
ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ И СТАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ



Расчетная схема однопролетная. Совмещенный кронштейн с шарнирным креплением направляющих (тип НСКШ)



Принятые обозначения:

q – расчетная ветровая нагрузка на единицу длины, кг/м;

q_z – расчетная вертикальная (вес облицовки + гололедная) нагрузка на единицу длины, кг/м;

L_H – длина направляющей, м;

L – длина пролета, м (практически можно для данной схемы принимать $L=L_н$).

$q = p \cdot B$

$q_z = p_z \cdot B$

$q^n = q / K_П^B$

$q_z^n = q_z / K_П^{св}$

здесь: p – расчетная ветровая нагрузка, кг/м²;

p_z – расчетная от веса облицовки и гололедной нагрузки, кг/м²;

$K_П^B$ – коэффициент перегрузки для ветровой нагрузки, принимается равным 1,4;

B – шаг направляющих, м.

Формула для определения прогибов в произвольном сечении пролета:

$$f^Z = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3 Z\right)$$

Максимальный прогиб находится в середине пролета и равен:

$$f^{max} = -\frac{5\,q^n L^4}{384\,EI}$$

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости $E= 0{,}7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на

$$K_E = \frac{0{,}7 \cdot 10^6}{E}$$

$$f_{AB}^{max} = \frac{0{,}19 \cdot q^n \cdot L^4}{I_x} \quad (\text{мм})$$

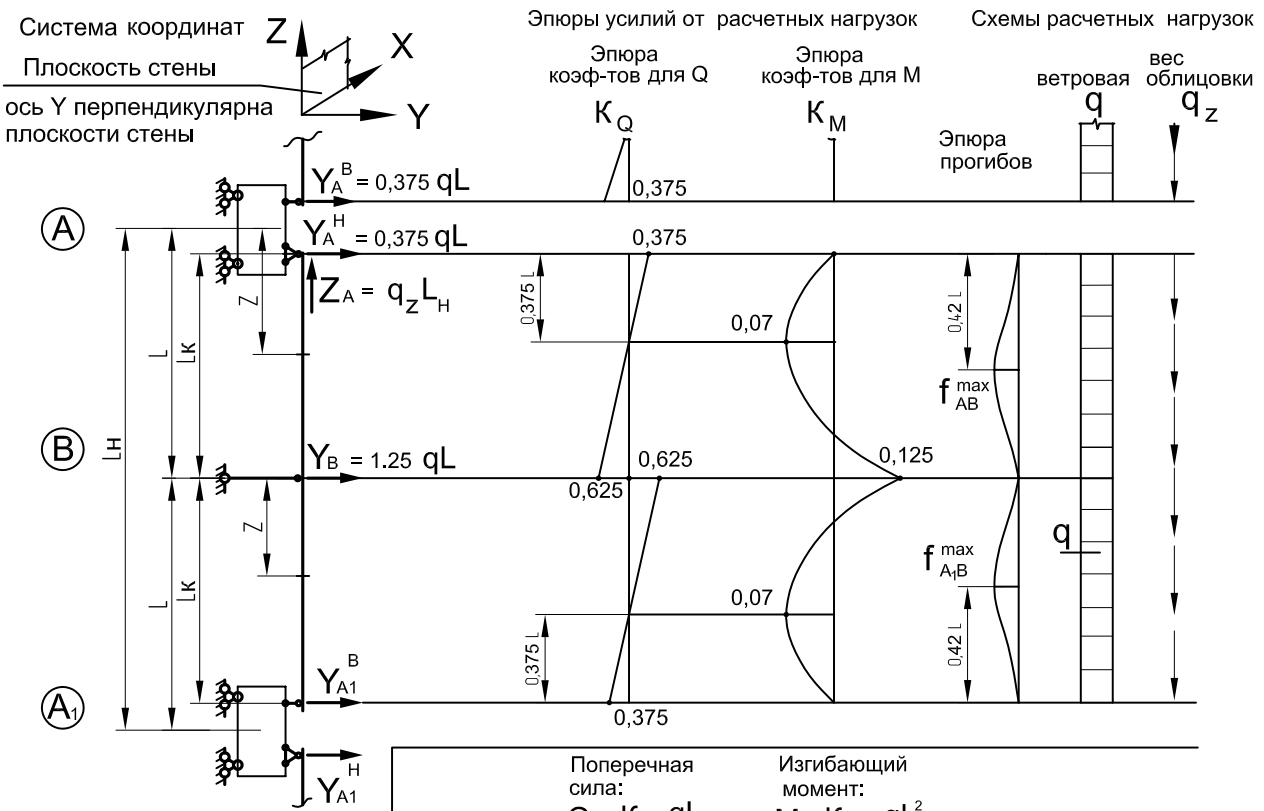
Для получения прогибов в мм размерности величин принимать следующими:

q^n – нормативная ветровая, кг/м;

L – пролет, м;

I_x – момент инерции, см⁴

Расчетная схема двухпролетная неразрезная. Совмещенный кронштейн с шарнирным креплением направляющих (тип НСКШ)



Поперечная сила: $Q = K_Q \cdot qL$

Изгибающий момент: $M = K_M \cdot qL^2$

Принятые обозначения:

q – расчетная ветровая нагрузка на единицу длины, кг/м;

q_Z – расчетная вертикальная (вес облицовки + гололедная) нагрузка на единицу длины, кг/м;

L_H – длина направляющей, м;

L – длина пролета, м (пролеты принимаются равными или отличающимися не более чем на 10%, при этом $L_к$ для упрощения принимается равным L).

Формулы для определения прогибов в произвольном сечении пролета неразрезной балки:

для пролета АВ

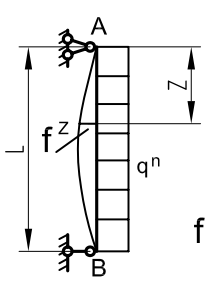
$$f_{AB} = f^{разр}_{AB} + f^{Mоп}_{AB} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right),$$

где: $f^{разр}$ – прогиб в пролете разрезной балки от ветровой нормативной нагрузки q^n;

$f^{Mоп}$ – прогиб в пролете разрезной балки от моментов на опорах, равных опорным моментам на соответствующих опорах неразрезной балки, возникающим от ветровой нормативной нагрузки ($M^n_в$).

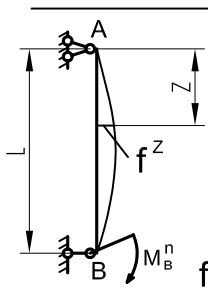
На эпюре прогибов указаны примерные значения Z, где прогиб имеет максимальное значение.

Вспомогательные схемы для расчета прогибов



Прогиб в произвольном сечении разрезной от ветровой нормативной нагрузки.
Прогиб при данной схеме нагрузки в принятой системе координат отрицательный:

$$f^Z = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right)$$



Прогиб в произвольном сечении разрезной от действия нормативных моментов на опорах
Прогиб при данной схеме нагрузки в принятой системе координат положительный

$$f^Z = -\frac{M^n_в}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 0,7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на:

$$K_E = \frac{0,7 \cdot 10^6}{E}$$

$$f^{max}_{AB} = \frac{0,079 \cdot q^n L^4}{I_x} \text{ мм}$$

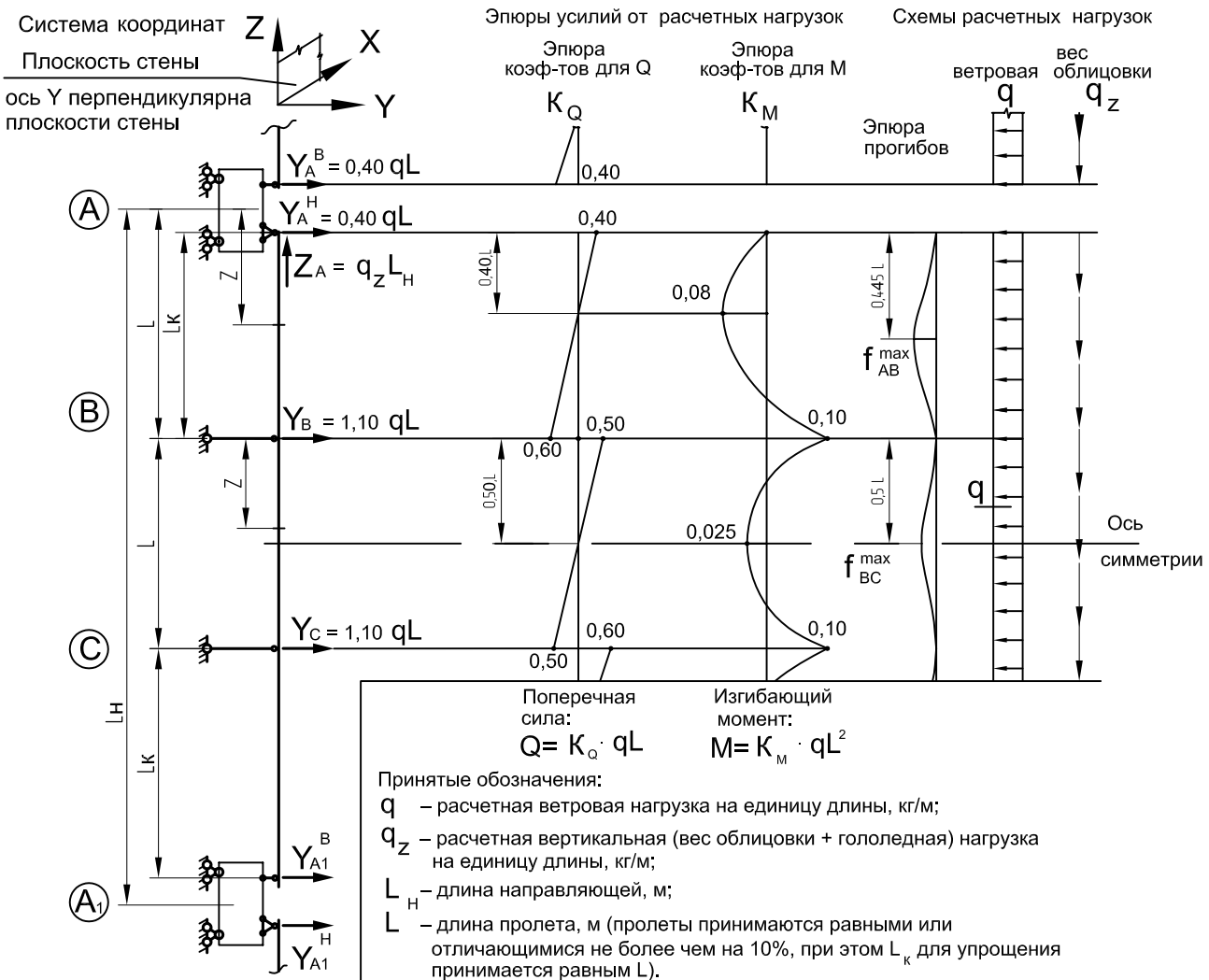
Для получения прогибов в мм размерности величин принимать следующими:

q^n – нормативная ветровая, кг/м;

L – пролет, м;

I_x – момент инерции, см^4.

Расчетная схема трехпролетная неразрезная. Совмещенный кронштейн с шарнирным креплением направляющих (тип НСКШ)



Принятые обозначения:

- q – расчетная ветровая нагрузка на единицу длины, кг/м;
- q_Z – расчетная вертикальная (вес облицовки + гололедная) нагрузка на единицу длины, кг/м;
- L_H – длина направляющей, м;
- L – длина пролета, м (пролеты принимаются равными или отличающимися не более чем на 10%, при этом $L_к$ для упрощения принимается равным L).

Формулы для определения прогибов в произвольном сечении пролета неразрезной балки:

для пролета АВ

$$f_{AB} = f^{разр}_{AB} + f^{Mon}_{AB} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

для пролета ВС

$$f_{BC} = f^{разр}_{BC} + f^{Mon}_{BC} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в + M^n_c}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

где: $f^{разр}$ – прогиб в пролете разрезной балки от ветровой нормативой нагрузки q^n;

f^{Mon} – прогиб в пролете разрезной балки от моментов на опорах, равных опорным моментам на соответствующих опорах неразрезной балки, возникающим от ветровой нормативной нагрузки ($M^n_в$, M^n_c).

На эпюре прогибов указаны примерные значения Z, где прогиб имеет максимальное значение

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 0,7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на:

$$K_E = \frac{0,7 \cdot 10^6}{E}$$

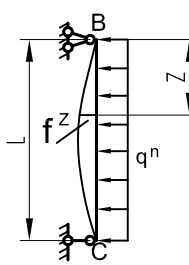
$$f^{max}_{AB} = \frac{0,100 \cdot q^n L^4}{I_x}\ мм$$

$$f^{max}_{BC} = \frac{0,008 \cdot q^n L^4}{I_x}\ мм$$

Для получения прогибов в мм размерности величин принимать следующими

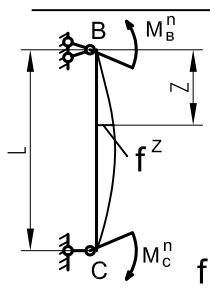
q^n – нормативная ветровая, кг/м;
L – пролет, м;
I_x – момент инерции, см⁴.

Вспомогательные схемы для расчета прогибов



Прогиб в произвольном сечении разрезной от ветровой нормативной нагрузки.
Прогиб при данной схеме нагрузки в принятой системе координат отрицательный:

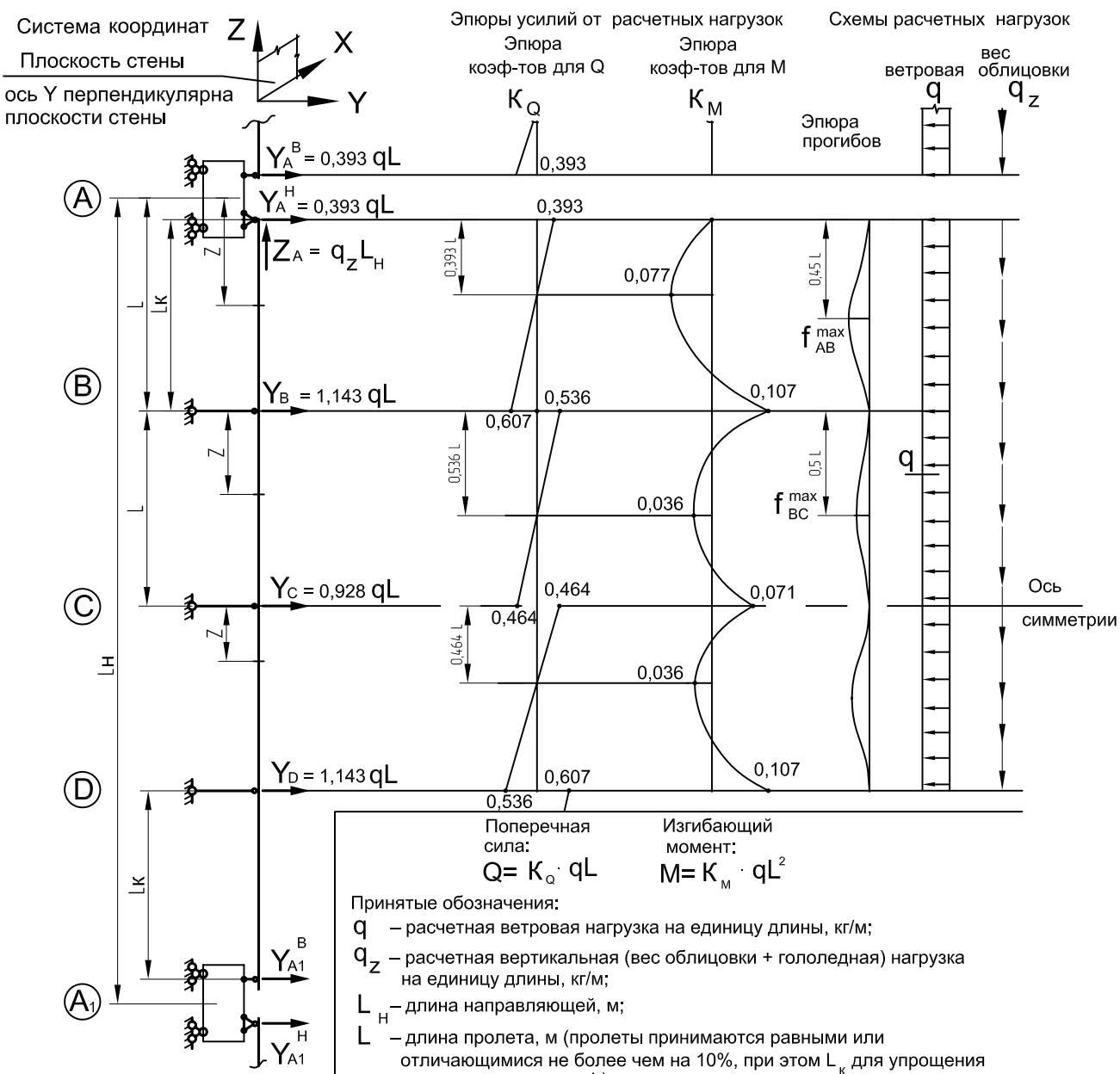
$$f^Z = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right)$$



Прогиб в произвольном сечении разрезной от действия нормативных моментов на опорах.
Прогиб при данной схеме нагрузки в принятой системе координат положительный:

$$f^Z = -\frac{M^n_в + M^n_c}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

Расчетная схема четырехпролетная неразрезная. Совмещенный кронштейн с шарнирным креплением направляющих (тип НСКШ)



Принятые обозначения:

- q – расчетная ветровая нагрузка на единицу длины, кг/м;
- q_z – расчетная вертикальная (вес облицовки + гололедная) нагрузка на единицу длины, кг/м;
- $L_н$ – длина направляющей, м;
- L – длина пролета, м (пролеты принимаются равными или отличающимися не более чем на 10%, при этом $L_к$ для упрощения принимается равным L).

Формулы для определения прогибов в произвольном сечении пролета неразрезной балки:

для пролета АВ

$$f_{AB} = f_{AB}^{разр} + f_{AB}^{Моп} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M_в^n}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

для пролета ВС

$$f_{BC} = f_{BC}^{разр} + f_{BC}^{Моп} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M_в^n + M_с^n}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

где: $f^{разр}$ – прогиб в пролете разрезной балки от ветровой нормативной нагрузки q^n;

$f^{Моп}$ – прогиб в пролете разрезной балки от моментов на опорах, равных опорным моментам на соответствующих опорах неразрезной балки, возникающим от ветровой нормативной нагрузки ($M_в^n, M_с^n, M_д^n$).

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 0{,}7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на:

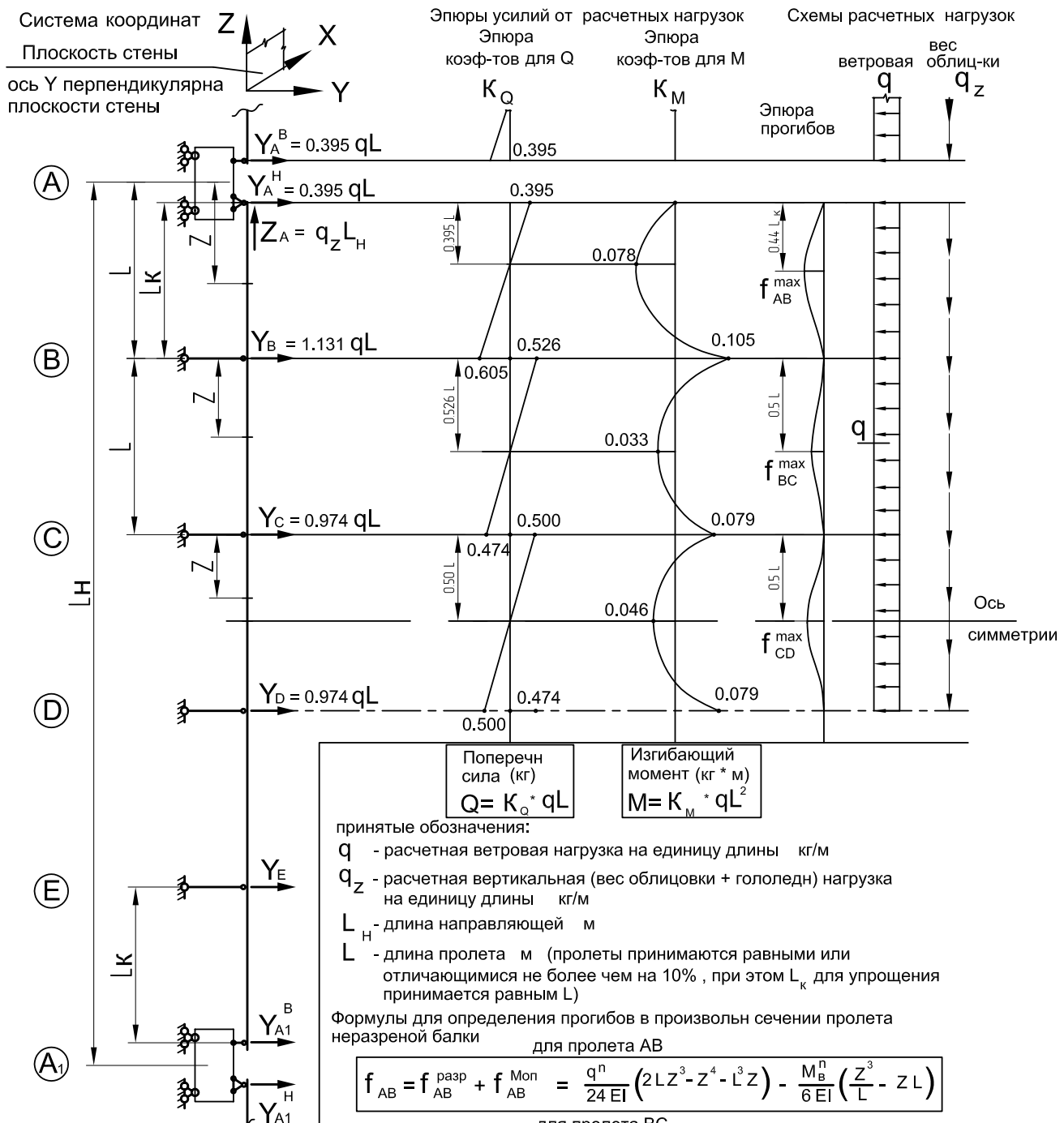
$$K_E = \frac{0{,}7 \cdot 10^6}{E}$$

$$f_{AB}^{max} = \frac{0{,}094 \cdot q^n L^4}{I_x} \text{ мм} \qquad f_{BC}^{max} = \frac{0{,}027 \cdot q^n L^4}{I_x} \text{ мм}$$

Для получения прогибов в мм размерности величин принимать согласно таблице

- q^n – нормативная ветровая, кг/м;
- L – пролет, м;
- I_x – момент инерции, см^4.

Расчетная схема пятипролетная неразрезная Совмещ. кронштейн с шарнирн креплен. направляющих (тип НСКШ)



принятые обозначения:

- q - расчетная ветровая нагрузка на единицу длины кг/м
- q_z - расчетная вертикальная (вес облицовки + гололедн) нагрузка на единицу длины кг/м
- L_H - длина направляющей м
- L - длина пролета м (пролеты принимаются равными или отличающимися не более чем на 10% , при этом $L_к$ для упрощения принимается равным L)

Формулы для определения прогибов в произвольн сечении пролета неразреной балки

для пролета АВ

$$f_{AB} = f^{разр}_{AB} + f^{Моп}_{AB} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

для пролета ВС

$$f_{BC} = f^{разр}_{BC} + f^{Моп}_{BC} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в + M^n_c}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

для пролета СД аналогично

здесь:

- $f^{разр}$ прогиб в пролете разрезной балки от ветров. норматив. нагр. q^n
- $f^{Моп}$ прогиб в пролете разрезной балки от моментов на опорах, равных опорным моментам на соответствующих опорах неразрезной балки возникающих от ветровой нормативной нагрузки ($M^n_в, M^n_c, M^n_д$)

На эпюре прогибов указаны примерн. значения Z , где прогиб имеет макс. значение

Частные формулы для опр прогибов при направляющей из Al - сплава с модулем упруг. E= $0.7 * 10^6$ кг/см2

При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на

$$K_E = \frac{0.7 * 10^6}{E}$$

Размерность E -- кг/см2

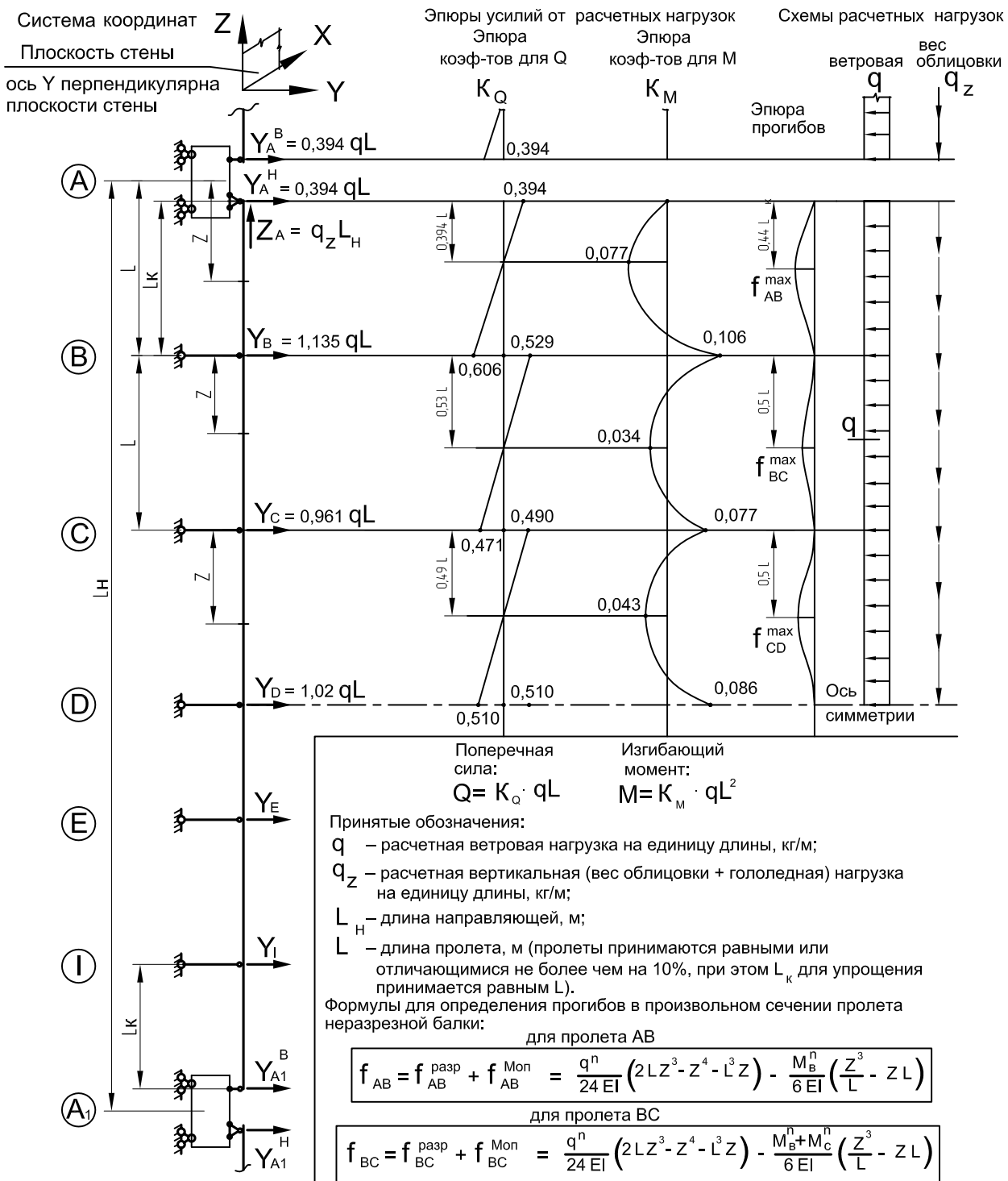
$$f^{max}_{AB} = \frac{0{,}096 * q^n L^4}{I_x}\ (мм)$$

$$f^{max}_{BC} = \frac{0{,}022 * q^n L^4}{I_x}\ (мм)$$

$$f^{max}_{CD} = \frac{0{,}046 * q^n L^4}{I_x}\ (мм)$$

Размерности величин	
q^n	нормат ветровая (кг/м)
L	пролет (м)
I_x	момент инерции ($см^4$)

Расчетная схема шестипролетная неразрезная. Совмещенный кронштейн с шарнирным креплением направляющих (тип НСКШ)



Принятые обозначения:

q – расчетная ветровая нагрузка на единицу длины, кг/м;

q_z – расчетная вертикальная (вес облицовки + гололедная) нагрузка на единицу длины, кг/м;

L_H – длина направляющей, м;

L – длина пролета, м (пролеты принимаются равными или отличающимися не более чем на 10%, при этом $L_к$ для упрощения принимается равным L).

Формулы для определения прогибов в произвольном сечении пролета неразрезной балки:

для пролета АВ

$$f_{AB} = f^{разр}_{AB} + f^{Мол}_{AB} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

для пролета ВС

$$f_{BC} = f^{разр}_{BC} + f^{Мол}_{BC} = \frac{q^n}{24\,EI}\left(2LZ^3 - Z^4 - L^3Z\right) - \frac{M^n_в + M^n_с}{6\,EI}\left(\frac{Z^3}{L} - ZL\right)$$

для пролета СД аналогично

где: $f^{разр}$ – прогиб в пролете разрезной балки от ветровой нормативной нагрузки q^n;

$f^{Мол}$ – прогиб в пролете разрезной балки от моментов на опорах, равных опорным моментам на соответствующих опорах неразрезной балки, возникающим от ветровой нормативной нагрузки ($M^n_в, M^n_с, M^n_д$).

На эпюре прогибов указаны примерные значения Z, где прогиб имеет макс. значение

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 0,7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на

$$K_E = \frac{0,7 \cdot 10^6}{E}$$

$$f^{max}_{AB} = \frac{0,096 \cdot q^n L^4}{I_x}\ мм \qquad f^{max}_{BC} = \frac{0,023 \cdot q^n L^4}{I_x}\ мм \qquad f^{max}_{CD} = \frac{0,041 \cdot q^n L^4}{I_x}\ мм$$

Размерности величин
q^n – нормативная ветровая, кг/м;
L – пролет, м;
I_x – момент инерции, см.^{4}

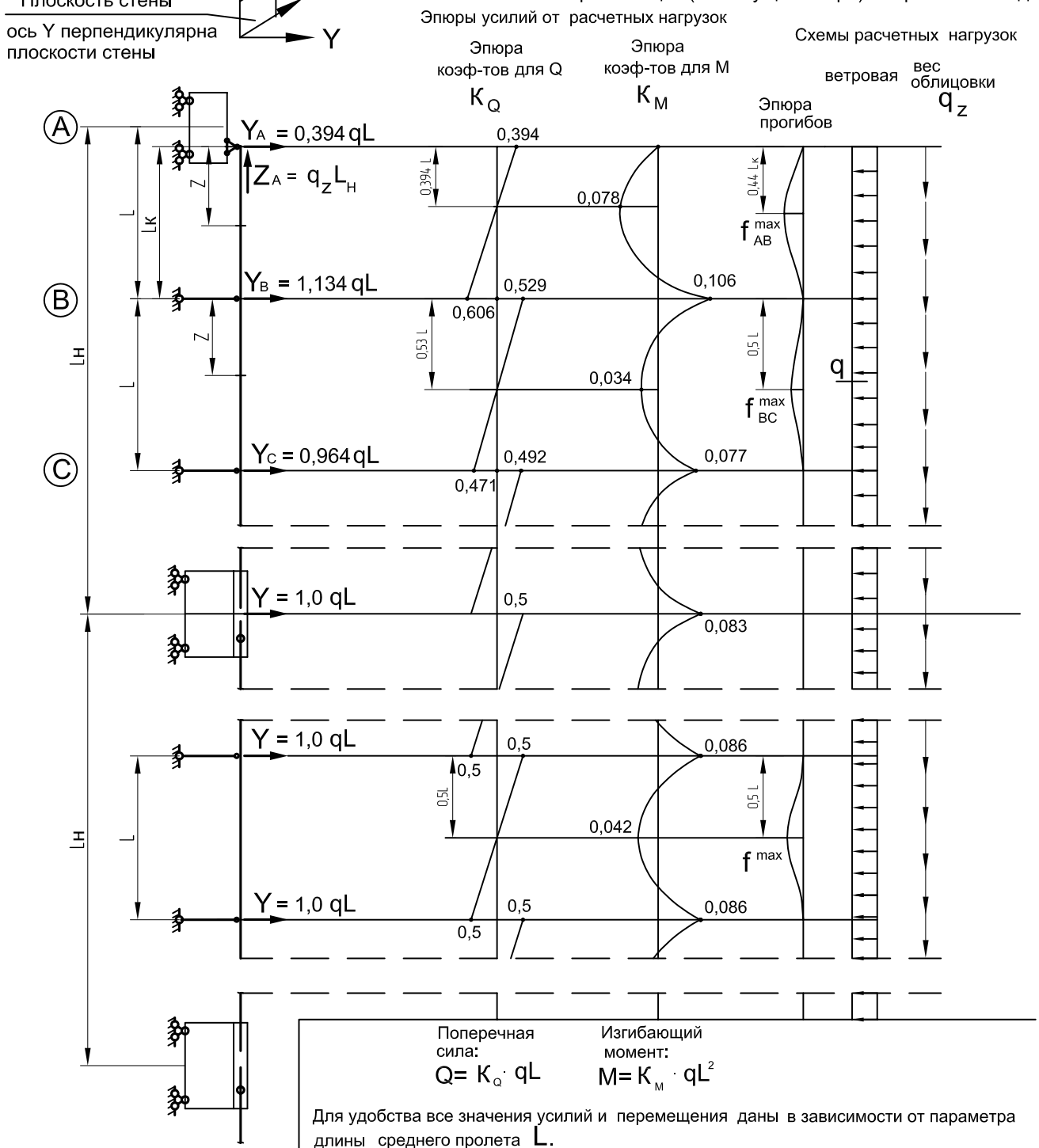
Расчетная схема многопролетная неразрезная. Совмещенный кронштейн с защемлением направляющих (тип НСКР)

Система координат Z X Y

Плоскость стены

ось Y перпендикулярна плоскости стены

При достаточно надежном закреплении направляющих от поворота сечений в зоне стыка направляющих (на несущей опоре) эпюры имеют вид



Поперечная сила: $Q = K_Q \cdot qL$

Изгибающий момент: $M = K_M \cdot qL^2$

Для удобства все значения усилий и перемещения даны в зависимости от параметра длины среднего пролета L.

При определении прогибов принимать q^n – кг/м; L – м; I_x – см^4.

Частные формулы для определения прогибов

1-й пролет	2-й пролет	рядовой пролет
$f^{max}_{AB} = \frac{0,096 \cdot q^n L^4}{I_x}$ мм	$f^{max}_{BC} = \frac{0,023 \cdot q^n L^4}{I_x}$ мм	$f^{max} = \frac{0,038 \cdot q^n L^4}{I_x}$ мм

$K_E = \frac{0,7 \cdot 10^6}{E}$,

где E – модуль упругости материала, кг/см².

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости E= 0,7·10 кг/см².

При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на K_E.

Основные расчетные формулы

На основании ранее приведенных расчетных схем и таблиц составлены формулы для предварительного определения параметров конструкции. При этом все типы схем можно условно разделить на одно- , двух-, и многопролетные (от трех - и более пролетов). Такое деление обусловлено тем, что усилия и перемещения в трех- и более пролетных неразрезных схемах достаточно мало отличаются.

Расчетная схема направл.		Однопролетная	Двухпролетная	Трех- и более пролетная
Определяющий параметр		Макс. момент в пролете: $M = 0{,}125\,qL^2$	Макс. момент на средней опоре: $M = 0{,}125\,qL^2$	Макс. момент на второй опоре: $M = 0{,}110\,qL^2$
Из условия прочности	требуемый момент сопротивления	$W_X = \frac{0{,}125\,qL^2 \cdot 10^2}{R}$	$W_X = \frac{0{,}125\,qL^2 \cdot 10^2}{0{,}85 \cdot R}$	$W_X = \frac{0{,}110\,qL^2 \cdot 10^2}{0{,}85 \cdot R}$
	допустимый пролет	$L = 0{,}28 \cdot \sqrt{\frac{R \cdot W_X}{q}}$	$L = 0{,}26 \cdot \sqrt{\frac{R \cdot W_X}{q}}$	$L = 0{,}28 \cdot \sqrt{\frac{R \cdot W_X}{q}}$

Исходный параметр для расчета на жесткость - относительный прогиб, равный $\frac{f^{max}}{L} = \frac{1}{K_П}$,

где $K_П$ – коэффициент относительного прогиба. $K_П$ для вентфасадов принимается обычно 200.

Из условия жесткости	требуемый момент инерции	$I_X = \frac{0{,}186 \cdot K_П \cdot q^n L^3}{10^3}$	$I_X = \frac{0{,}079 \cdot K_П \cdot q^n L^3}{10^3}$	$I_X = \frac{0{,}100 \cdot K_П \cdot q^n L^3}{10^3}$
	допустимый пролет	$L = 1{,}752 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_X \cdot 10^3}{q^n \cdot K_П}}$	$L = 2{,}330 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_X \cdot 10^3}{q^n \cdot K_П}}$	$L = 2{,}154 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_X \cdot 10^3}{q^n \cdot K_П}}$

Опорные реакции от действия ветровой нагрузки

На несущей опоре $-Y_A$	$Y_A = 0{,}5 \cdot q\,L$	$Y_A = 0{,}375 \cdot q\,L$	$Y_A = 0{,}4 \cdot q\,L$
На второй опоре $-Y_B$	—	$Y_B = 1{,}25 \cdot q\,L$	$Y_B = 1{,}15 \cdot q\,L$

При достаточно надежном закреплении направляющих от поворота сечений в зоне стыка направляющей (это обеспечивается при узлах стыка направляющих см. л. 03.01) усилия и перемещения во всех пролетах, кроме двух крайних, будут одинаковыми и равными соответственно:

пролетный момент	момент на опоре	поперечная сила	опорная реакция	относительный прогиб
$M = 0{,}042\,qL^2$	$M = 0{,}086\,qL^2$	$Q = 0{,}5\,qL$	$Y = 1{,}0\,qL$	$\frac{f^{max}}{L} = \frac{0{,}038 \cdot q^n L^3}{I_x}$

Тогда для рядовых пролетов: $W_X = \frac{0{,}086\,qL^2 \cdot 10^2}{0{,}85 \cdot R}$ $I_X = \frac{0{,}038 \cdot K_П \cdot q^n L^3}{10^3}$

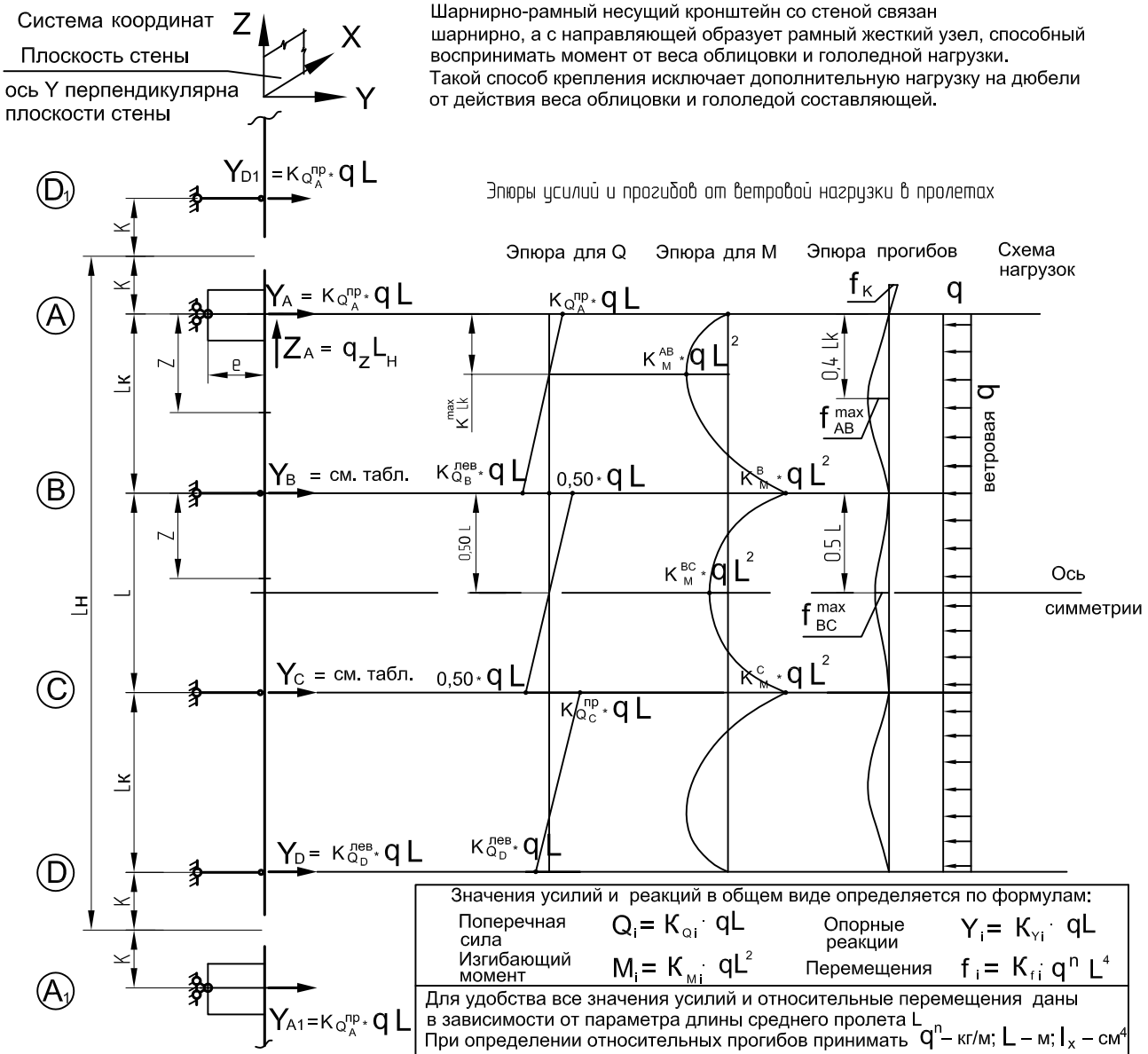
Как видно из формул, многопролетная схема с защемлением направляющей в стыках имеет наибольшую несущую способность по прочности и жесткости. Для надежного защемления направляющей следует использовать несистемный зацеп длиной до 250 мм. Для выравнивания моментов и прогибов в крайних пролетах с рядовыми пролетами следует принимать крайние пролеты короче примерно на 20%. Более детально см. л. 08.20. Также возможно устройство в крайнем пролете жесткого узла соединения направляющих с основанием путем установки парных кронштейнов.

Принимаемые и получаемые размерности в формулах	
L – длина пролета м	M – изгибающий момент, кг·м
q – расчетное ветровая нагрузка, кг/м	Q – поперечная сила, кг
R – расчетное сопротивление, кг/см²	Y – опорная реакция, кг
W_x – момент сопротивления, см³	Относительный прогиб - величина безразмерная
I_x – момент инерции, см⁴	

Частные формулы для определения I_x и L выведены для алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 0{,}7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение I_x умножается на коэфф. K_E , значение L делится на $\sqrt[3]{K_E}$

$K_E = \frac{0{,}7 \cdot 10^6}{E}$, где E – модуль упругости другого материала, кг/см².

Расчетная схема трехпролетная неразрезная. Несущий кронштейн – раздельный шарнирно-рамный (НРШР)



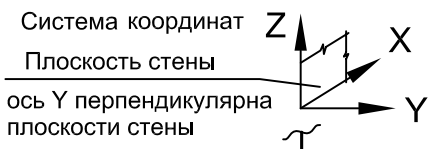
Значения усилий и реакций в общем виде определяется по формулам:

Поперечная сила	$Q_i = K_{Q_i} \cdot qL$	Опорные реакции	$Y_i = K_{Y_i} \cdot qL$
Изгибающий момент	$M_i = K_{M_i} \cdot qL^2$	Перемещения	$f_i = K_{f_i} \, q^n \, L^4$

Для удобства все значения усилий и относительные перемещения даны в зависимости от параметра длины среднего пролета L
При определении относительных прогибов принимать q^n – кг/м; L – м; I_x – см^4
Дополнительные пояснения см. на л. 08.12, 08.13.

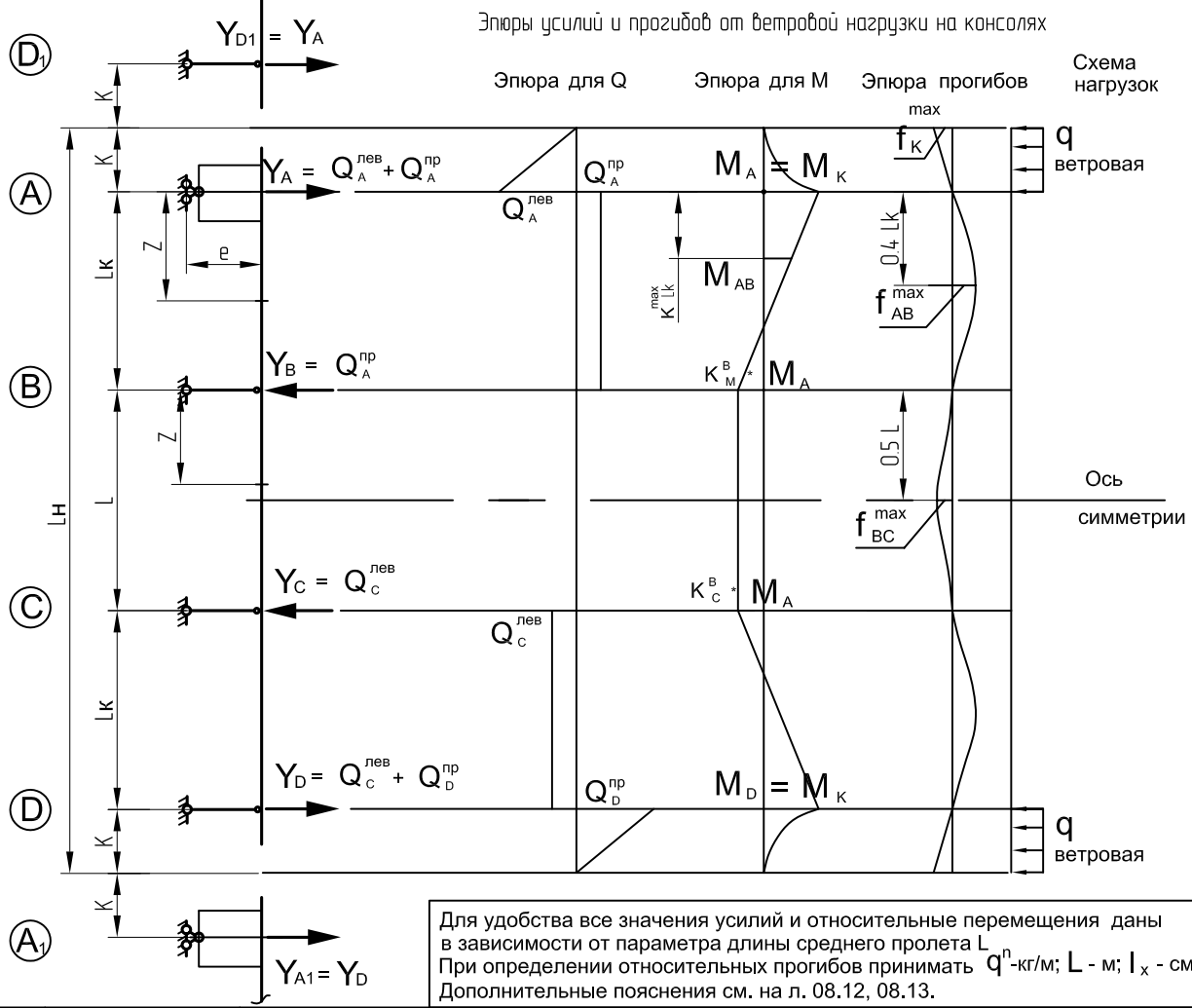
Группа	Обозначение	Общая формула	Значение коэффициента неравнопролетности: $K_H = L_k / L$								
			1.00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
			значение коэффициента K_{Ji} в общей формуле в зависимости от K_H								
опорные реакции	$Y_A = Y_D$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	0,400	0,376	0,352	0,325	0,297	0,268	0,239	0,209	0,180
	$Y_B = Y_C$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	1.100	1.074	1.048	1.025	1.003	0,982	0,961	0,941	0,920
поперечные силы	$Q_A^{пр} = -Q_D^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	0,400	0,376	0,352	0,325	0,297	0,268	0,239	0,209	0,180
	$Q_C^{пр} = -Q_B^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	0,600	0,574	0,548	0,525	0,503	0,482	0,461	0,441	0,420
	$Q_B^{пр} = -Q_C^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	0,500								
изгибающие моменты	$M_{AB} = M_{CD}$	$K_{Ji} \cdot q\,L^2$	0,080	0,071	0,061	0,052	0,044	0,036	0,028	0,022	0,016
	$M_B = M_C$	$K_{Ji} \cdot q\,L^2$	0,100	0,095	0,090	0,086	0,082	0,079	0,076	0,074	0,072
	M_{BC}	$K_{Ji} \cdot q\,L^2$	0,025	0,030	0,035	0,039	0,043	0,046	0,049	0,051	0,053
относительн. перемещ-ия	f_K / K	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$0{,}365 \cdot 10^{-3}$	$0{,}303 \cdot 10^{-3}$	$0{,}247 \cdot 10^{-3}$	$0{,}196 \cdot 10^{-3}$	$0{,}152 \cdot 10^{-3}$	$0{,}112 \cdot 10^{-3}$	$0{,}078 \cdot 10^{-3}$	$0{,}050 \cdot 10^{-3}$	$0{,}027 \cdot 10^{-3}$
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$0{,}100 \cdot 10^{-3}$	$0{,}082 \cdot 10^{-3}$	$0{,}066 \cdot 10^{-3}$	$0{,}052 \cdot 10^{-3}$	$0{,}039 \cdot 10^{-3}$	$0{,}028 \cdot 10^{-3}$	$0{,}018 \cdot 10^{-3}$	$0{,}011 \cdot 10^{-3}$	$0{,}005 \cdot 10^{-3}$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$0{,}008 \cdot 10^{-3}$	$0{,}017 \cdot 10^{-3}$	$0{,}026 \cdot 10^{-3}$	$0{,}034 \cdot 10^{-3}$	$0{,}040 \cdot 10^{-3}$	$0{,}046 \cdot 10^{-3}$	$0{,}051 \cdot 10^{-3}$	$0{,}055 \cdot 10^{-3}$	$0{,}058 \cdot 10^{-3}$

Расчетная схема трехпролетная неразрезная. Несущий кронштейн-раздельный шарнирно-рамный (НРШР)



Шарнирно-рамный несущий кронштейн со стеной связан шарнирно, а с направляющей образует рамный жесткий узел, способный воспринимать момент от веса облицовки и гололедной нагрузки. Такой способ крепления исключает дополнительную нагрузку на дюбели от действия веса облицовки и гололедой составляющей.

Эпюры усилий и прогибов от ветровой нагрузки на консолях

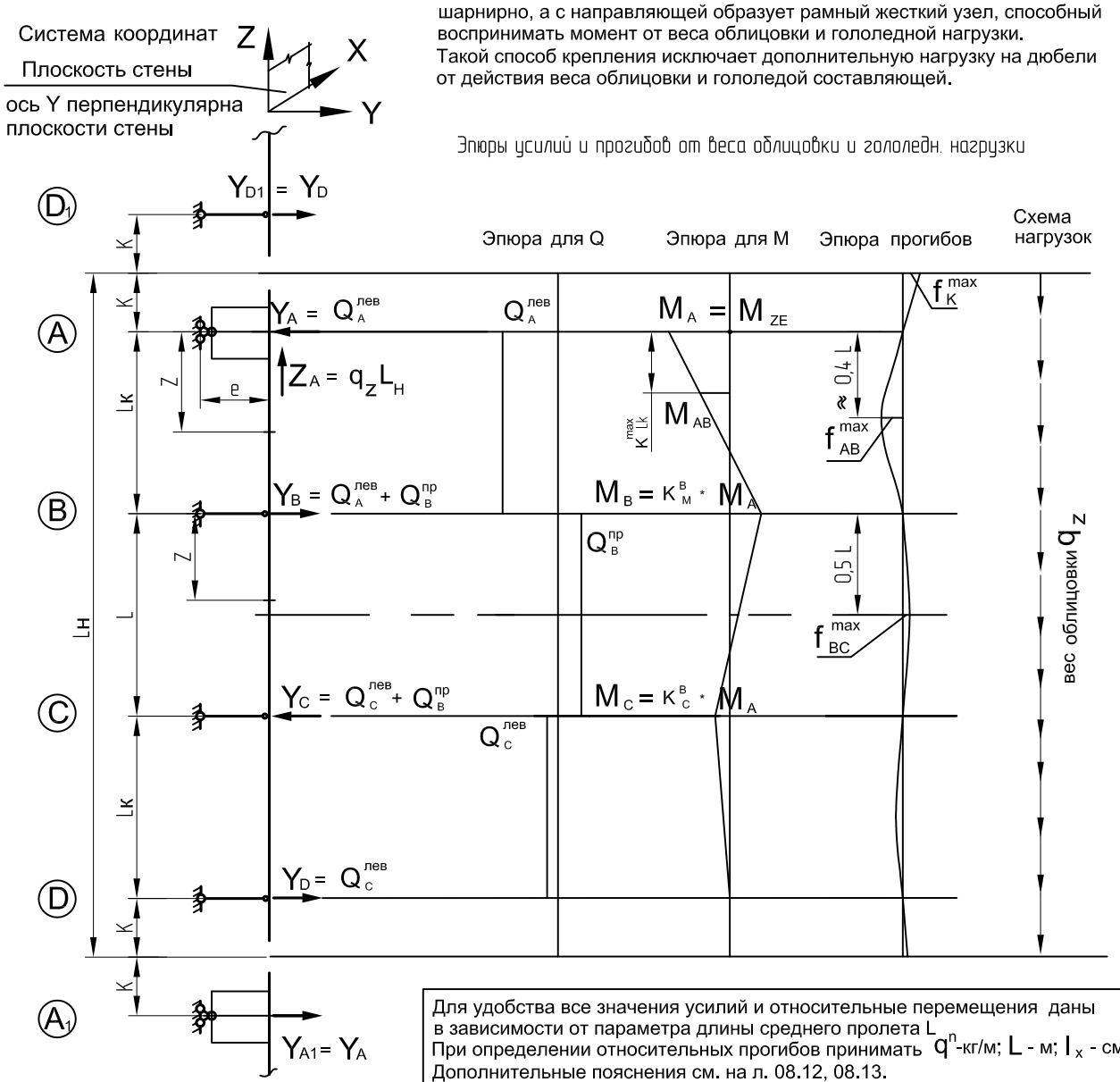


Для удобства все значения усилий и относительные перемещения даны в зависимости от параметра длины среднего пролета L
При определении относительных прогибов принимать q^n-кг/м; L - м; I_x - см^4
Дополнительные пояснения см. на л. 08.12, 08.13.

Группа	Обозначение	Общая формула	Значение коэффициента неравнопролетности $K_H = L_k / L$								
			1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
			Значение коэффициента K_{Ji} в общей формуле в зависимости от K_H								
изгибающие моменты	$M_A = M_D$	M_K	$M_K = qK^2/2$								
	$M_B = M_C$	$K_{Ji} \cdot M_K$	0,200	0,194	0,188	0,181	0,174	0,167	0,160	0,152	0,144
	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot M_K$	0,521	0,527	0,536	0,548	0,564	0,582	0,604	0,629	0,657
опорные перерез. силы	$-Q_A^{лев} = Q_D^{пр}$		$-Q_A^{лев} = Q_D^{пр} = qK$								
	$Q_A^{пр} = -Q_C^{лев}$	$K_{Ji} \cdot M_K / L$	1,200	1,257	1,320	1,390	1,468	1,556	1,656	1,772	1,901
реакции	$Y_B = Y_C$	$K_{Ji} \cdot M_K / L$	1,200	1,257	1,320	1,390	1,468	1,556	1,656	1,772	1,901
	$Y_A = Y_D$		$qK + Y_B$								
относительн. перемещ-ия	f_{KM}^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_K \cdot L / I_x$	$4{,}375 \cdot 10^{-3}$	$4{,}170 \cdot 10^{-3}$	$3{,}965 \cdot 10^{-3}$	$3{,}758 \cdot 10^{-3}$	$3{,}549 \cdot 10^{-3}$	$3{,}341 \cdot 10^{-3}$	$3{,}130 \cdot 10^{-3}$	$2{,}919 \cdot 10^{-3}$	$2{,}707 \cdot 10^{-3}$
	f_{KQ}^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_K \cdot K / I_x$	$3{,}645 \cdot 10^{-3}$								
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot M_K \cdot L / I_x$	$0{,}770 \cdot 10^{-3}$	$0{,}736 \cdot 10^{-3}$	$0{,}701 \cdot 10^{-3}$	$0{,}666 \cdot 10^{-3}$	$0{,}631 \cdot 10^{-3}$	$0{,}596 \cdot 10^{-3}$	$0{,}561 \cdot 10^{-3}$	$0{,}526 \cdot 10^{-3}$	$0{,}491 \cdot 10^{-3}$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot M_K \cdot L / I_x$	$0{,}365 \cdot 10^{-3}$	$0{,}353 \cdot 10^{-3}$	$0{,}341 \cdot 10^{-3}$	$0{,}329 \cdot 10^{-3}$	$0{,}316 \cdot 10^{-3}$	$0{,}303 \cdot 10^{-3}$	$0{,}290 \cdot 10^{-3}$	$0{,}276 \cdot 10^{-3}$	$0{,}261 \cdot 10^{-3}$

Расчетная схема трехпролетная неразрезная. Несущий кронштейн – раздельный шарнирно-рамный (НРШР)

Шарнирно-рамный несущий кронштейн со стеной связан шарнирно, а с направляющей образует рамный жесткий узел, способный воспринимать момент от веса облицовки и гололедной нагрузки. Такой способ крепления исключает дополнительную нагрузку на дюбели от действия веса облицовки и гололедой составляющей.



Для удобства все значения усилий и относительные перемещения даны в зависимости от параметра длины среднего пролета L
При определении относительных прогибов принимать q^n-кг/м; L - м; I_x - см^4
Дополнительные пояснения см. на л. 08.12, 08.13.

Группа	Обозначение	Общая формула	Значение коэффициента неравнопролетности $K_H = L_k / L$								
			1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
			Значение коэффициента K_{Ji} в общей формуле в зависимости от K_H								
изгибающие моменты	M_A	M_{ZE}	$M_{ZE} = q_Z L_H \cdot e$								
	M_B	$K_{Ji} * M_{ZE}$	0,267	0,261	0,254	0,248	0,240	0,233	0,225	0,216	0,208
	M_{AB}	$K_{Ji} * M_{ZE}$	0,495	0,500	0,510	0,523	0,539	0,559	0,582	0,608	0,638
перерез. силы	$Q_A^{лев}$	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	1,267	1,327	1,394	1,468	1,550	1,644	1,750	1,871	2.013
	$Q_B^{пр}$	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	0,333	0,327	0,320	0,314	0,306	0,299	0,291	0,282	0,274
опорные реакции	Y_A =	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	1,267	1,327	1,394	1,468	1,550	1,644	1,750	1,871	2.013
	Y_B =	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	1,600	1,654	1,714	1,781	1,857	1,942	2,040	2,154	2,286
относительн. перемещ-ия	f_K^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$4{,}210 \cdot 10^{-3}$	$4{,}015 \cdot 10^{-3}$	$3{,}819 \cdot 10^{-3}$	$3{,}621 \cdot 10^{-3}$	$3{,}422 \cdot 10^{-3}$	$3{,}221 \cdot 10^{-3}$	$3{,}019 \cdot 10^{-3}$	$2{,}820 \cdot 10^{-3}$	$2{,}610 \cdot 10^{-3}$
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$0{,}711 \cdot 10^{-3}$	$0{,}681 \cdot 10^{-3}$	$0{,}650 \cdot 10^{-3}$	$0{,}619 \cdot 10^{-3}$	$0{,}588 \cdot 10^{-3}$	$0{,}556 \cdot 10^{-3}$	$0{,}524 \cdot 10^{-3}$	$0{,}492 \cdot 10^{-3}$	$0{,}459 \cdot 10^{-3}$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$0{,}180 \cdot 10^{-3}$	$0{,}176 \cdot 10^{-3}$	$0{,}171 \cdot 10^{-3}$	$0{,}166 \cdot 10^{-3}$	$0{,}160 \cdot 10^{-3}$	$0{,}153 \cdot 10^{-3}$	$0{,}146 \cdot 10^{-3}$	$0{,}138 \cdot 10^{-3}$	$0{,}130 \cdot 10^{-3}$

Расчетная схема трехпролетная неразрезная. Вспомогательные расчеты для составления таблиц

Формулы для составления таблицы усилий от ветровой нагрузки в пролетах (схема на л. 08.09)

Формулы для коэффициентов

$K_{Q_A}^{пр} = (1{,}127\ Кн - 0{,}55\ Кн^2 - 0{,}178)$	$K_M^{AB} = (\ 0{,}362\ Кн - 0{,}17\ Кн^2 - 0{,}1123\ )$
$K_{Q_B}^{лев} = (\ -1{,}127\ Кн + 0{,}55\ Кн^2 + 1{,}178)$	$K_M^{B} = (\ -0{,}091\ Кн + 0{,}10\ Кн^2 + 0{,}091\ )$
$K^{max} = (1{,}127\ Кн - 0{,}55\ Кн^2 - 0{,}178)$	$K_M^{BC} = (\ 0{,}091\ Кн - 0{,}10\ Кн^2 + 0{,}034\ )$

где: Кн – коэффициент неравнопролетности $Кн = L_k / L$

$$Y_A = Y_D = K_{Q_A}^{пр} \cdot qL_k = K_{Q_A}^{пр} \cdot qL \cdot Кн = (1{,}127\ Кн - 0{,}55\ Кн^2 - 0{,}178) \cdot qL \cdot Кн$$

$$Y_B = Y_C = K_{Q_B}^{лев} \cdot qL_k + 0{,}5 \cdot qL = K_{Q_B}^{лев} \cdot qL \cdot Кн + 0{,}5 \cdot qL = [(\ -1{,}127\ Кн + 0{,}55\ Кн^2 + 1{,}178) \cdot Кн + 0.5\ ] \cdot qL$$

$$Q_A^{пр} = -Q_D^{лев} = K_{Q_A}^{пр} \cdot qL_k = K_{Q_A}^{пр} \cdot qL \cdot Кн = (1{,}127\ Кн - 0{,}55\ Кн^2 - 0{,}178) \cdot qL \cdot Кн$$

$$Q_C^{пр} = -Q_B^{лев} = K_{Q_B}^{лев} \cdot qL_k = K_{Q_B}^{лев} \cdot qL \cdot Кн = (\ -1{,}127\ Кн + 0{,}55\ Кн^2 + 1{,}178) \cdot qL \cdot Кн$$

$$Q_B^{пр} = -Q_C^{лев} = 0.5 \cdot qL$$

$$M_{AB} = M_{CD} = K_M^{AB} \cdot qL^2{}_k = K_M^{AB} \cdot qL^2 \cdot Кн^2 = (\ 0{,}362\ Кн - 0{,}17\ Кн^2 - 0{,}1123\ ) \cdot qL^2 \cdot Кн^2$$

$$M_B = M_C = K_M^{B} \cdot qL^2 = (\ -0{,}091\ Кн + 0{,}10\ Кн^2 + 0{,}091\ ) \cdot qL^2$$

$$M_{BC} = K_M^{BC} \cdot qL^2 = (\ 0{,}091\ Кн - 0{,}10\ Кн^2 + 0{,}034\ ) \cdot qL^2$$

Формулы для составления таблицы усилий от ветровой нагрузки на консолях (схема на л. 08.10)

Момент на опоре А от консоли

$$M_A = M_K = qK^2/2$$

Момент на опоре В от консоли не зависит от длины пролета, но зависит от неравнопролетности

$$M_B = K_M^{B} \cdot M_A$$

Момент в пролете АВ на расстоянии от опоры А, при котором момент от ветровой нагрузки по схеме 1 максимален

$$M_{AB} = M_A - M_A \cdot \left(\frac{(1 + K_M^{B})\, K^{max} \cdot L_k}{L_k}\right) = M_A \cdot (\ 1 - K^{max} - K^{max} \cdot K_M^{B}\ ) = K_{Ji} \cdot M_K$$

$$Q_A^{лев} = qK$$

$$Q_A^{пр} = (1 + K_M^{B}) \cdot M_K / L_k = (1 + K_M^{B}) \cdot M_K / (L \cdot Кн) = \frac{(1 + K_M^{B})}{Кн} \cdot M_K / L$$

$$Y_B = -Q_A^{пр} = \frac{(1 + K_M^{B})}{Кн} \cdot M_K / L \qquad Y_A = Q_A^{лев} + Q_A^{пр} = qK + \frac{(1 + K_M^{B})}{Кн} \cdot M_K / L$$

Формулы для определения K_M^{B}

$$K_M^{B} = (\ 0{,}237\ Кн - 0{,}06\ Кн^2 + 0{,}023\ )$$

Формулы для составления таблицы усилий от веса облицовки и гололедной нагрузки (схема на л. 08.11)

Вертикальная опорная реакция на опоре А: $Z_A = q_z L_H$

Момент на опоре А от действия вертикальной нагрузки с эксцентриситетом e: $M_A = M_{ZE} = q_z L_H \cdot e$

Наиболее значимые моменты M_A и M_B, поперечные силы $Q_A^{лев}$ и $Q_B^{пр}$, опорные реакции Y_A и Y_B

$$M_B = K_M^{B} \cdot M_A = K_{Ji} \cdot M_{ZE}$$

Момент в пролете АВ на расстоянии от опоры А, при котором момент от ветровой нагрузки по схеме 1 максимален

$$M_{AB} = M_A - M_A \cdot \left(\frac{(1 + K_M^{B})\, K^{max} \cdot L_k}{L_k}\right) = M_A \cdot (\ 1 - K^{max} - K^{max} \cdot K_M^{B}\ ) = K_{Ji} \cdot M_{ZE}$$

$$Q_A^{лев} = (1 + K_M^{B}) \cdot M_{ZE} / L_k = (1 + K_M^{B}) \cdot M_{ZE} / (L \cdot Кн) = \frac{(1 + K_M^{B})}{Кн} \cdot M_{ZE} / L = K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$$

$$Q_B^{пр} = (M_B + M_C) / L = (K_M^{B} + K_M^{C}) \cdot M_{ZE} / L = K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$$

$$Y_A = Q_A^{лев} = K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$$

$$Y_B = Q_A^{лев} + Q_B^{пр} = K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$$

$$K_M^{B} = (\ 0{,}276\ Кн - 0{,}08\ Кн^2 + 0{,}0708\ )$$

$$K_M^{C} \approx 0{,}066$$

Расчетная схема трехпролетная неразрезная. Вспомогательные расчеты для составления таблиц

Формулы для составления таблицы относительных прогибов для трехпролетной неразрезной балки с консолями

Принятые обозначения и размерности:

K – длина консоли, м;

L_k – длина крайнего пролета, м;

L – длина среднего пролета, м;

L_H – длина направляющей, м;

e -вылет анкерного кронштейна, м;

f^{max}_K / K , f^{max}_{AB} / L_k , f^{max}_{BC} / L – относительные максимальные прогибы на консоли, в пролете АВ и пролете ВС. Координаты максимальных прогибов в пролетах без большой погрешности можно принять для всех случаев нагружения равными (см. эпюры прогибов)

q^n – нормативная ветровая нагрузка, кг/м;

q^n_z – нормативная нагрузка от веса облицовки и гололедной составляющей, кг/м;

$M_K = q^n \cdot K^2 / 2$ – момент от нормативной нагрузки q^n на консоли, кг·м;

$M_{ZE} = q^n_z L_H \cdot e$ – момент от нормативной нагрузки q^n_z в рамном узле соединения направляющей с несущим кронштейном, кг·м;

$K_н = L_k / L$ – коэффициент неравнопролетности.

I_x – момент инерции направляющей, $см^4$

K_{Ji} – числовые коэффициенты

Частная формула для определения прогибов при направляющей из алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 0{,}7 \cdot 10^6$ кг/см².
При другом значении модуля упругости значение прогиба умножается на:

$$K_E = \frac{0{,}7 \cdot 10^6}{E},$$

где E – модуль упругости материала, кг/см²

Формулы для составления таблицы относительных прогибов от ветровой нагрузки в пролетах (1-я схема загружения на л. 08.09)

		формула для коэффициентов
Относительный прогиб на консоли	$\frac{f^{max}_K}{K} = K_{п1} \cdot q^n L^3 / E I_x = K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$K_{Ji} = (1{,}107\ K_н^2 - 0{,}926\ K_н + 0{,}1838)$
Относительный прогиб в пролете АВ	$\frac{f^{max}_{AB}}{L_k} = K_{п2} \cdot q^n L^3 / E I_x = K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$K_{Ji} = (0{,}3429\ K_н^2 - 0{,}3106\ K_н + 0{,}0678)$
Относительный прогиб в пролете ВС	$\frac{f^{max}_{BC}}{L} = K_{п3} \cdot q^n L^3 / E I_x = K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$K_{Ji} = (-0{,}1786\ K_н^2 + 0{,}1607\ K_н + 0{,}0259)$

Формулы для составления таблицы относительных прогибов от ветровой нагрузки на консолях (2-я схема загружения на л. 08.10)

Относительный прогиб на консоли	Постоянная составляющая	Переменная составляющая	Формула для коэффициентов
$\frac{f^{max}_{KQ}}{K} + \frac{f^{max}_{KM}}{K}$	$\frac{f^{max}_{KQ}}{K} = 3{,}645 \cdot 10^{-3} \cdot M_K \cdot K / I_x$	$\frac{f^{max}_{KM}}{K} = K_{Ji} \cdot M_K \cdot L / I_x$	$K_{Ji} = (- 0{,}2286\ K_н^2 + 4{,}5357\ K_н + 0{,}0675)$
Относительный прогиб в пролете АВ	$\frac{f^{max}_{AB}}{L_k} = K_{Ji} \cdot M_K \cdot L / I_x$		$K_{Ji} = (- 0{,}0214\ K_н^2 + 0{,}7333\ K_н + 0{,}0583)$
Относительный прогиб в пролете ВС	$\frac{f^{max}_{BC}}{L} = K_{Ji} \cdot M_K \cdot L / I_x$		$K_{Ji} = (- 0{,}0786\ K_н^2 + 0{,}3847\ K_н + 0{,}0587)$

Формулы для составления таблицы относительных прогибов от веса облицовки и гололедной нагрузки (3-я схема загружения на л. 08.11)

	формула для коэффициентов
Относительный прогиб на консоли	$\frac{f^{max}_K}{K} = K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$K_{Ji} = (- 0{,}0286\ K_н^2 + 0{,}4457\ K_н + 0{,}0039)$
Относительный прогиб в пролете АВ	$\frac{f^{max}_{AB}}{L_k} = K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$K_{Ji} = (- 0{,}0071\ K_н^2 + 0{,}0744\ K_н + 0{,}0038)$
Относительный прогиб в пролете ВС	$\frac{f^{max}_{BC}}{L} = K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$K_{Ji} = (- 0{,}0114\ K_н^2 + 0{,}0307\ K_н - 0{,}0013)$

Пример расчета с использованием формул и таблиц. Подбор по упрощенным формулам

Пример быстрого подбора параметров направляющей с использованием обобщенных формул на л. 08.08 и детального проверочного расчета направляющей по таблицам на л. 08.09 ... 08.11.
Расчет выполним для двух типов трехпролетных схем: 1– я -трехпролетная неразрезная с шарнирным креплением направляющей на несущем совмещенном кронштейне (см. узел на листе 03.02),
2-я – трехпролетная неразрезная с раздельными кронштейнами на стыке направляющих, несущий кронштейн шарнирно-рамный (с основанием стены шарнирно-рамный кронштейн соединен шарнирно, а с направляющей соединен жестко, образуя рамный узел, способный воспринимать момент см. узлы на л. 03.03, 03.04).
Исходные условия: материал облицовки керамогранитная плитка размером 600х600х8;
шаг направляющих – 0,6 м, длина направляющей – 3,6 м, длина пролета – 1,2 м;
высота здания – 15 этажей (55м), второй ветровой район, тип местности В.
Принимаемые нагрузки: в данных примерах приведены уже готовые величины расчетных нагрузок.
Методику определения нагрузок см. в разделе 7.

Расчетные ветровые нагрузки: $q=p\cdot B$			Расчетная нагрузка от веса плитки: и гололедная $q_z = p_z \cdot B$
Ветровое давление в центре здания	Ветровой отсос в центре здания	Ветровой отсос в угловой зоне	$q_z=(0{,}008\cdot2400\cdot1{,}2+8\cdot1{,}3)\cdot 0{,}6 = 20$ (кг/м)
$q=89\cdot0{,}6=53$ (кг/м)	$q=98\cdot0{,}6=59$ (кг/м)	$q=160\cdot0{,}6=96$ (кг/м)	

Расчетные схемы с эпюрами усилий и перемещениями приведены на л. 08.03.
По упрощенным формулам на л. 08.08 определим требуемые моменты сопротивления и моменты инерции для направляющей из алюминиевого сплава со следующими расчетными характеристиками:
расчетное сопротивление растяжению, сжатию и изгибу R = 1340 кг/см²;
значение модуля упругости $E= 0{,}7\cdot10^{6}$ кг/см².
Требуемый момент сопротивления направляющей по формуле на л. 08.08 для трех и более пролетов

в центре здания

$$W_X = \frac{0{,}110\cdot q\cdot L^2\cdot10^2}{0{,}85\cdot R} \qquad W_X = \frac{0{,}110\cdot59\cdot1{,}2^2\cdot10^2}{0{,}85\cdot1340} = 0{,}82 \text{ см}^3$$

в угловой зоне

$$W_X = \frac{0{,}110\cdot96\cdot1{,}2^2\cdot10^2}{0{,}85\cdot1340} = 1{,}34 \text{ см}^3$$

(Здесь в формулах для определения W_X принят коэффициент 0,85 понижения расчетного сопротивления для учета дополнительных напряжений от растяжения и касательных, в основном по причине того, что усилия при точечной передаче нагрузки при наиболее неблагоприятном варианте расположения могут превышать усилия при равномерно-распределительной нагрузке примерно на 20 ... 25 %.)
Требуемый момент инерции направляющей по формуле на л. 08.08 для трех- и более пролетов.

$$I_X = \frac{0{,}100\cdot K_П\cdot q^n L^3}{10^3}$$

Нормативная ветровая нагрузка $q^n = q / K_П^B$, где $K_П^B$ – коэффициент перегрузки для ветровой нагрузки.

где $K_П$ – длина единичного прогиба. $\frac{f^{max}}{L} = \frac{1}{K_П}$, $\frac{f^{max}}{L}$ – относительный прогиб.

Относительный прогиб принимаем 1/200 , тогда $K_П = 200$

в центре здания

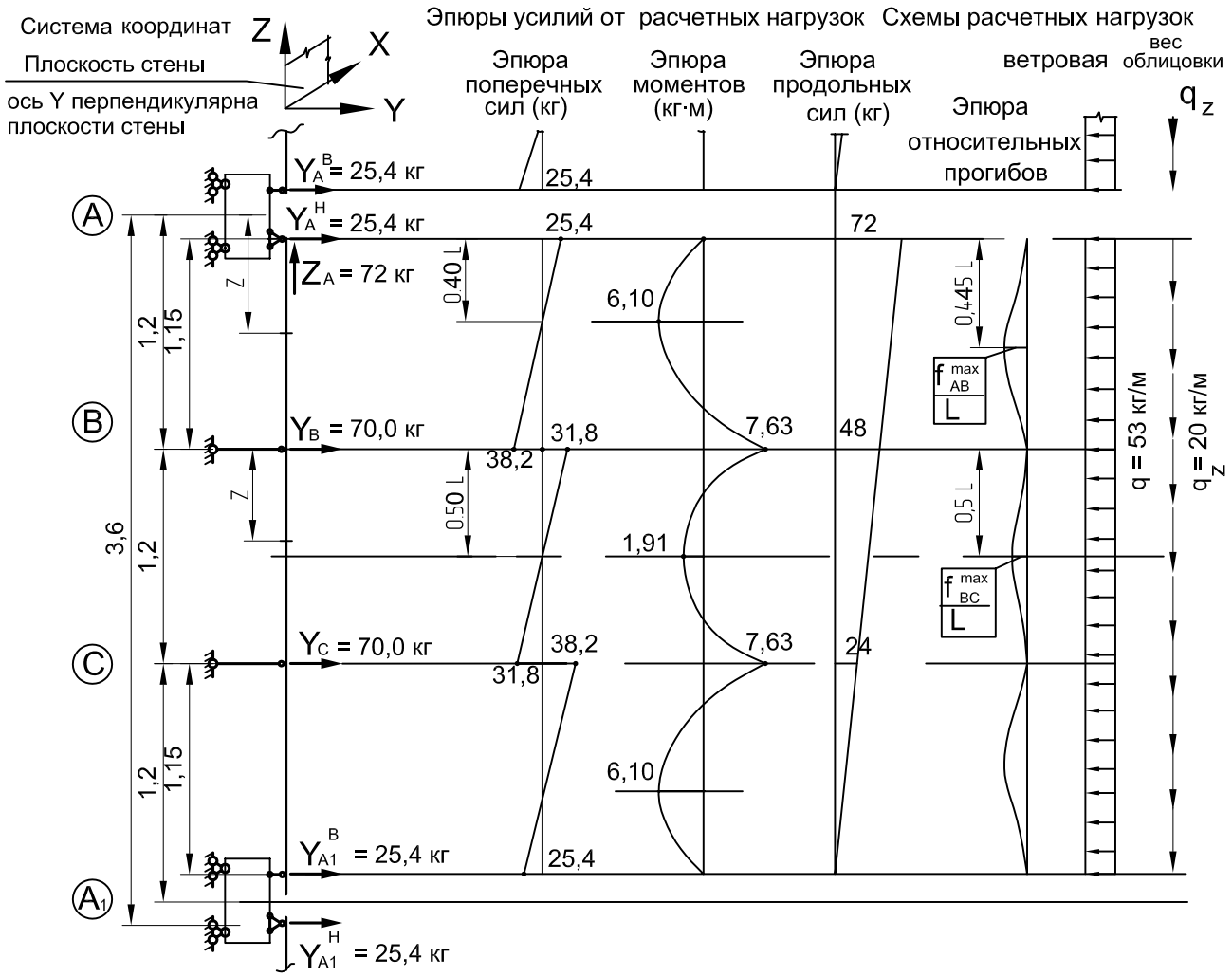
$$I_X = \frac{0{,}100\cdot200\cdot(59/1{,}4)\cdot1{,}2^3}{10^3} = 1{,}46 \text{ см}^4$$

в угловой зоне

$$I_X = \frac{0{,}100\cdot200\cdot(96/1{,}4)\cdot1{,}2^3}{10^3} = 2{,}37 \text{ см}^4$$

Полученные значения момента сопротивления и момента инерции сравниваем с расчетными значениями для направляющих, характеристики сечений приведены на листе 08.17.

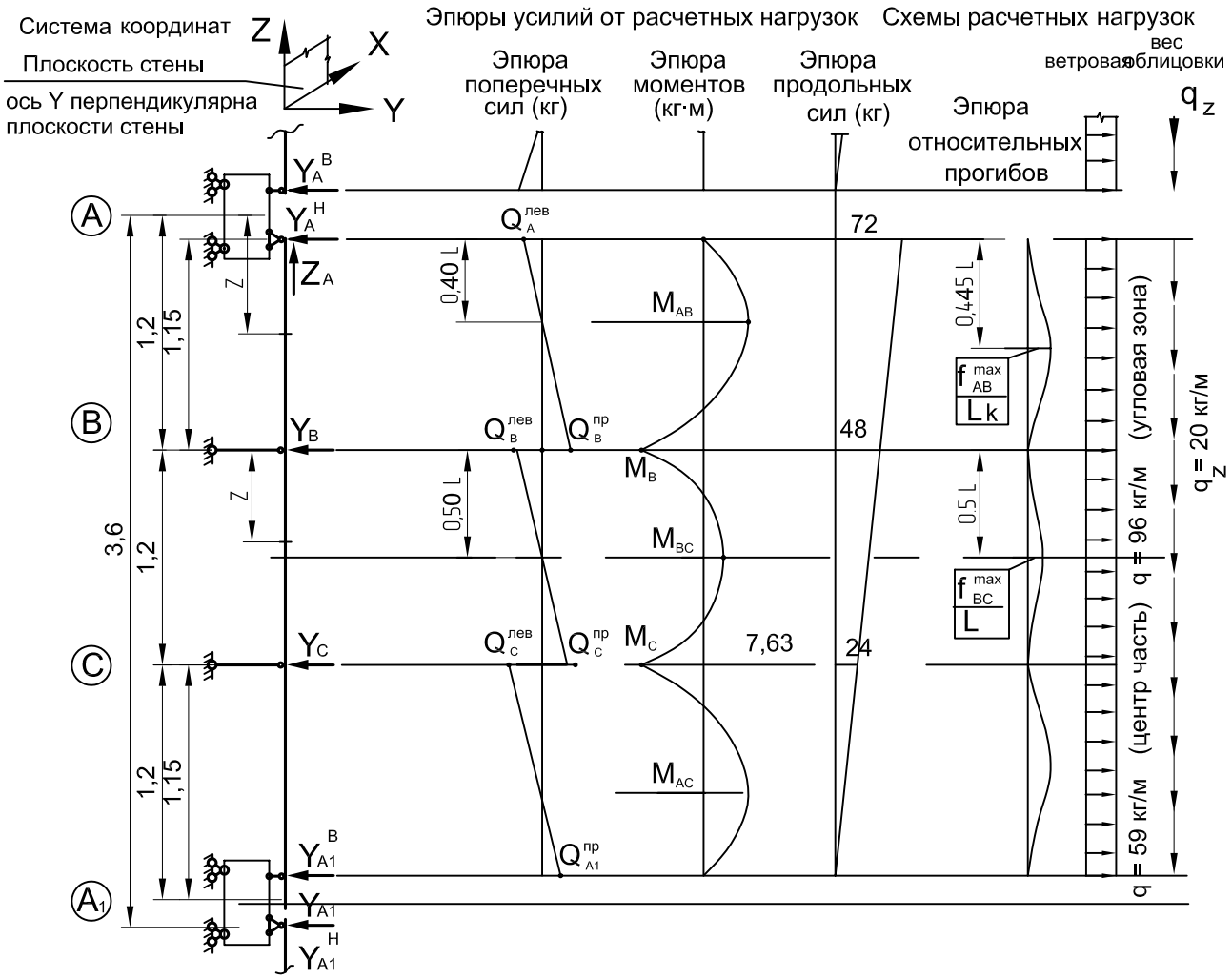
Пример расчета с использованием формул и таблиц. Трехпролетная неразрезная с кронштейном типа НСКШ



Группа	Параметр	Общая формула	Численное значение параметра
изгибающие моменты	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot q\, L^2$	= 0,08·53·1,2²=6,1 кг·м
	M_B	$K_{Ji} \cdot q\, L^2$	= 0,10·53·1,2²=7,63 кг·м
	M_{BC}	$K_{Ji} \cdot q\, L^2$	= 0,025·53·1,2²=1,91 кг·м
опорные поперечные силы	$Q_A^{пр}$	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,4·53·1,2=1,91 кг·м
	$Q_B^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,6·53·1,2=38,2 кг·м
	$Q_B^{пр}$	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,5·53·1,2=31,8 кг·м
опорные реакции	Y_A =	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,4·53·1,2=25,4 кг·м
	Y_B =	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 1,1·53·1,2=70,0 кг·м
$Z_A = q_z L_H$ = 20·3,6=72 кг			
относит. перем.	f^{max}_{AB}/L_k	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 \cdot 10^{-3}/I_x$	= 0,100·(53/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =6,54·10⁻³/I_x
	f^{max}_{BC}/L	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 \cdot 10^{-3}/I_x$	= 0,008·(53/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =0,52·10⁻³/I_x

Коэффициенты K_{Ji} см. на л. 08.03. (Также можно использовать таблицу на л. 08.09 при K_H = 1.)
Относительные прогибы определены для алюминиевого сплава с модулем упругости E= 0,7·10⁶ кг/см².

Пример расчета с использованием формул и таблиц. Трехпролетная неразрезная с кронштейном типа НСКШ



Группа	Параметр	Общая формула	Для центральной части при q = 59 кг/м	Для угловой зоны при q = 96 кг/м
изгибающие моменты	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot q\, L^2$	= 0,08·59·1,2²=6,79 кг·м	= 11,05 кг·м
	M_B	$K_{Ji} \cdot q\, L^2$	= 0,10·59·1,2²=8,49 кг·м	= 13,82 кг·м
	M_{BC}	$K_{Ji} \cdot q\, L^2$	= 0,025·59·1,2²=2,13 кг·м	= 3,46 кг·м
поперечные силы	$Q_A^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,4·59·1,2=28,3 кг·м	= 46,0 кг
	$Q_B^{пр}$	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,6·59·1,2=42,5 кг·м	= 69,0 кг
	$Q_B^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,5·59·1,2=35,4 кг·м	= 57,6 кг
опорные реакции	Y_A =	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 0,4·59·1,2=28,3 кг·м	= 46,0 кг
	Y_B =	$K_{Ji} \cdot q\, L$	= 1,1·59·1,2=77,9 кг·м	= 126,8 кг
	$Z_A = q_z L_H$ = 31·3,6=72 кг			
относит. перем.	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 \cdot 10^{-3} / I_x$	= 0,100·(59/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =7,30·10⁻³/I_x	= 11,8·10⁻³/I_x
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 \cdot 10^{-3} / I_x$	= 0,008·(59/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =0,58·10⁻³/I_x	= 0,94·10⁻³/I_x

$M_C = M_B$, $M_{AC} = M_{AB}$, $Q_C^{лев} = Q_B^{пр}$, $Q_C^{пр} = Q_B^{лев}$, $Q_{A1}^{пр} = Q_A^{пр}$

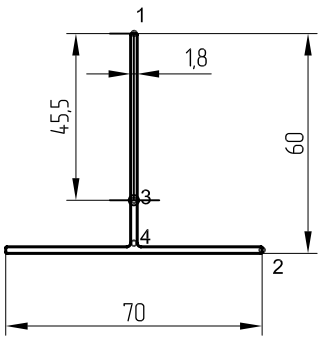
Коэффициенты K_{Ji} см. на л. 08.03. (Также можно использовать таблицу на л. 08.09 при K_H = 1.)
Относительные прогибы определены для алюминиевого сплава с модулем упругости E= 0,7·10⁶ кг/см².

Геометрические характеристики сечений направляющих

Направляющая AYPC.150.0102

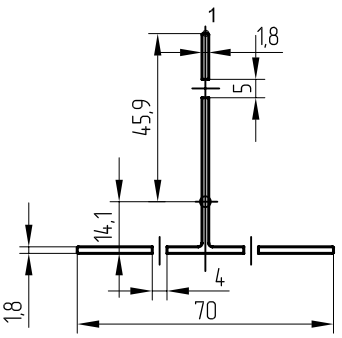
Геометрические характеристики сечения при действии в точке 1 растягивающих напряжений

сплошного



$A = 2{,}31$ см^2
$I_X = 8{,}10$ см^4
$I_y = 5{,}14$ см^4
$W_X = 1{,}78$ см^3
$i_X = 1{,}87$ см
$i_y = 1{,}49$ см

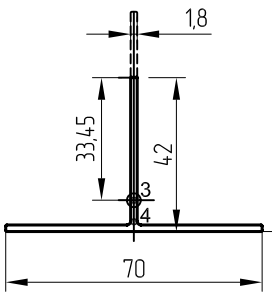
ослабленного отверстиями



$A = 2{,}08$ см^2
$I_X = 7{,}00$ см^4
$I_y = 4{,}91$ см^4
$W_X = 1{,}53$ см^3

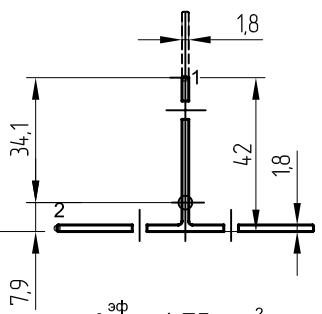
Геометрические характеристики сечения при действии в точке 1 сжимающих напряжений*

сплошного



$A^{эф} = 1{,}99$ см^2
$I_X^{эф} = 3{,}01$ см^4
$I_y^{эф} = 5{,}14$ см^4
$W_X^{эф} = 0{,}89$ см^3

ослабленного отверстиями



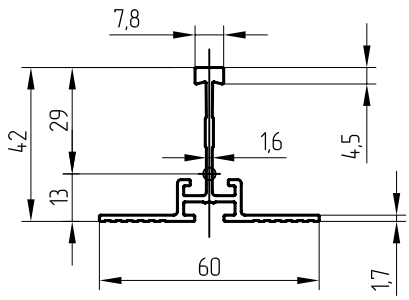
$A^{эф} = 1{,}75$ см^2
$I_X^{эф} = 2.37$ см^4
$I_y^{эф} = 4{,}91$ см^4
$W_X^{эф} = 0{,}70$ см^3

* Геометрические характеристики сечения вычислены из условия обеспечения местной устойчивости сжатой зоны стенки.

Геометрические характеристики сечения для определения касательных напряжений:
в точке 4
площадь отсеченной части: A = 1,28 см²
статический момент отсеченной части относительно ц.т.
$Sx_4 = 1{,}28 \cdot 0{,}76 = 0{,}97$ см³.

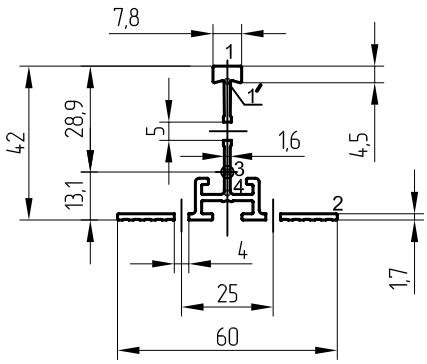
Направляющая AYPC.150.0101

Геометрические характеристики сплошного сечения



$A = 2{,}37$ см^2
$I_X = 4{,}84$ см^4
$I_y = 3{,}18$ см^4
$W_X = 1{,}67$ см^3
$i_X = 1{,}40$ см
$i_y = 1{,}16$ см

Геометрические характеристики сплошного сечения, ослабленого отверстиями



$A = 2{,}12$ см^2
$I_X = 4{,}51$ см^4
$I_y = 2{,}97$ см^4
$W_X = 1{,}56$ см^3

Геометрические характеристики сечения для определения касательных напряжений:
в точке 1'
площадь отсеченной части: A = 1,28 см²
статический момент отсеченной части относительно ц.т.
$Sx_{1'} = 0{,}33 \cdot 2{,}69 = 0{,}89$ см³.
в точке 3
площадь отсеченной части: A = 1,58 см²
статический момент отсеченной части относительно ц.т.
$Sx_3 = 1{,}58 \cdot 0{,}92 = 1{,}45$ см³.
в точке 4
площадь отсеченной части: A = 1,50 см²
статический момент отсеченной части относительно ц.т.
$Sx_4 = 1{,}50 \cdot 0{,}96 = 1{,}44$ см³.

Пример расчета на прочность и жесткость

Для сечения 150.0102 л. 08.17 приведены геометрические характеристики с учетом гарантированного обеспечения местной устойчивости стенки таврового сечения при действии сжимающих напряжений при изгибе согласно расчетам в соответствии с рекомендациями Е.И. Беленя и Н.Н. Стрелецкого (Металлические конструкции. Специальный курс. Москва: Стройиздат, 1982. С.139).

При этом считается, что часть сжатой стенки выключается из работы. В случае принятия геометрических характеристик по сплошному сечению необходима проверка местной устойчивости сжатой зоны стенки, что довольно трудоемко.

Как видно, для сечения направляющей типа 150.0102 $W_X^{эф} = 0{,}89$ см³, что примерно равно требуемому. По прогибам имеется значительный запас жесткости для многопролетной схемы.

Принимая параметры расчетной схемы для средней зоны здания равными предварительно выбранным, т.е. длина пролета L = 1,2 м, для трехпролетной неразреной определяем усилия в направляющей согласно расчетным табличным формулам на л. 08.15.

Эпюры внутренних усилий, относительных прогибов и опорные реакции при ветровом давлении приведены на л. 08.15.

Аналогичные эпюры для ветрового отсоса в центре здания и в угловой зоне приведены на листе 08.16.

При изменении направления ветровой нагрузки знаки всех эпюр от воздействия ветра меняются на противоположные.

На основании приведенных эпюр выполняем проверку прочности направляющей по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{xn}} \cdot y \pm \frac{M_y}{I_{yn}} \cdot x \leqslant R \cdot \gamma_c$$

где: M_x – момент, действующий в плоскости ZOY, кг·см;
M_y – момент, действующий в плоскости ZOX, кг·см;
N – продольное усилие в направляющей, кг;
I_{xn} – момент инерции сечения нетто относительно оси X, см^4;
I_{yn} – момент инерции сечения нетто относительно оси Y, см^4;
A_n – площадь сечения нетто, см^2;
R – расчетное сопротивление материала растяжению, сжатию, изгибу, кг/см^2;
γ_c – коэффициент условий работы конструкции;
x и y – координаты проверяемой точки сечения относительно нейтральной оси (см. л. 08.17);
σ – нормальные напряжения в проверяемой точке сечения, кг/см^2;

Наиболее нагруженное сечение, как видно из эпюр, находится на второй сверху опоре (опора В).

При ветровом напоре изгибающий момент вызывает растягивающие напряжения в точке 2 и сжимающие в точке 1 (см. сечения на л. 08.17). Момент, действующий в плоскости ZOX (в плоскости облицовки), принимаем равным нулю (боковым ветровым воздействием на облицовку пренебрегаем).

Тогда для направляющей 150.0102 максимальные нормальные напряжения в точке 1′ сечения равны:

$$\sigma_1 = \frac{48}{2{,}08} - \frac{7{,}63 \cdot 10^2}{2{,}37} \cdot 3{,}41 = 23 - 1098 = -1075 \text{ (кг/см²)} \leqslant 1340 \cdot 1 \text{ (кг/см²)} \text{ (сжатие)}$$

Максимальные нормальные напряжения в точке 2 равны:

$$\sigma_2 = \frac{48}{2{,}08} + \frac{7{,}63 \cdot 10^2}{2{,}37} \cdot 0{,}79 = 23 + 254 = 277 \text{ (кг/см²)} \leqslant 1340 \cdot 1 \text{ (кг/см²)} \text{ (растяжение)}$$

В данном случае момент инерции был взят равным $I_X^{эф} = 2{,}37$ см^4, поскольку в стенке тавра возникают сжимающие напряжения и для гарантированного обеспечения местной устойчивости стенки в расчет для момента инерции принимают примерно 22 толщины стенки (см. вышеприведенное).

Пример расчета на прочность и жесткость

При действии ветрового отсоса в центральной части здания проверку выполним для двух сечений. В пролете АВ в зоне действия максимального пролетного момента и на опоре В в зоне максимального опорного момента (см. эпюры усилий на л. 08.16).

В пролете АВ изгибающий момент вызывает в крайних волокнах стенки сжимающие напряжения, поэтому в расчет принимаем $I_X^{эф} = 2{,}37$ см^4.

Тогда для направляющей 150.0101 максимальные нормальные напряжения в точке 1′ равны:

$$\sigma_1^{AB} = \frac{60}{2{,}08} - \frac{6{,}79\cdot10^2}{2{,}37}\cdot 3{,}41 = 29 - 977 = -948\ (кг/см^2) \leqslant 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(сжатие)}$$

Максимальные нормальные напряжения в точке 2 равны

$$\sigma_2^{AB} = \frac{60}{2{,}08} + \frac{6{,}79\cdot10^2}{2{,}37}\cdot 0{,}79 = 29 + 226 = 255\ (кг/см^2) \leqslant 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(растяжение)}$$

На опоре В изгибающий момент вызывает в крайних волокнах стенки растягивающие напряжения. Отношение свесов полок к толщине не выходит за пределы, при которых следует проверять местную устойчивость полок, поэтому в данном случае в расчет принимаем $I_X = 7{,}00$ см^4.

$$\sigma_1^{B} = \frac{48}{2{,}08} + \frac{8{,}49\cdot10^2}{7{,}00}\cdot 4{,}59 = 23 + 557 = 580\ (кг/см^2) \leqslant 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(растяжение)}$$

$$\sigma_2^{B} = \frac{48}{2{,}08} - \frac{8{,}49\cdot10^2}{7{,}00}\cdot 1{,}41 = 23 - 171 = -148\ (кг/см^2) \leqslant 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(сжатие)}$$

Повторим вычисления для угловой зоны. При этом также будем принимать при вычислении σ^{AB} $I_X^{эф} = 2{,}37$ см^4, а при вычислении σ^{B} - $I_X = 7{,}00$ см^4.

$$\sigma_1^{AB} = \frac{60}{2{,}08} - \frac{11{,}05\cdot10^2}{2{,}37}\cdot 3{,}41 = 29 - 1590 = -1561\ (кг/см^2) > 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(сжатие)}$$

сечение не проходит по прочности

$$\sigma_2^{AB} = \frac{60}{2{,}08} + \frac{11{,}05\cdot10^2}{2{,}37}\cdot 0{,}79 = 29 + 368 = 397\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(растяжение)}$$

$$\sigma_1^{B} = \frac{48}{2{,}08} + \frac{13{,}82\cdot10^2}{7{,}00}\cdot 4{,}59 = 23 + 906 = 929\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(растяжение)}$$

$$\sigma_2^{B} = \frac{48}{2{,}08} - \frac{13{,}82\cdot10^2}{7{,}00}\cdot 1{,}41 = 29 - 278 = -255\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(сжатие)}$$

Как видно, в угловой зоне при данных параметрах схемы направляющей только в одном случае сечение не проходит по прочности.

Возможные варианты решения для угловой зоны: перейти на четырехпролетную схему либо выполнить перераспределение моментов в сторону уменьшения пролетного момента АВ путем уменьшения крайнего пролета. Второй способ более экономичен, но применим при достаточной несущей способности дюбелей, так как повышает значение опорной реакции.

Расчет для первого способа выполним путем определения $W_X^{эф}$ для четырехпролетной схемы при $L_н = 3{,}6$ м, длина пролета – 0,9 м, по формулам для четырехпролетной схемы:

$$W_X = \frac{0{,}077\cdot qL^2\cdot10^2}{0{,}85\cdot R} = \frac{0{,}077\cdot96\cdot0{,}9^2\cdot10^2}{0{,}85\cdot1340} = 0{,}53\ (см^3)$$

Пример расчета на прочность и жесткость

В данном случае принимался максимальный момент в пролете АВ, где при действии ветрового отсоса в направляющей сжимающие напряжения возникают в стенке (коэффициент K_{Ji} для пролетного момента равен 0,077). Как видно, прочность в данном случае обеспечивается с запасом.

По второму варианту выполним схему неравнопролетной, с уменьшением длины крайнего пролета за счет увеличения центрального. L_k = 1,1 м; L = 1,4 м. При этом коэффициент неравнопролетности $K_н = L_k / L$ равен примерно 0,8. Эпюры усилий и относительных прогибов для данного случая на л. 08.21. Формулы для расчета и числовые коэффициенты приведены на л. 08.09.
(Все искомые параметры в таблице даны в зависимости от длины центрального порлета.)

Выполним проверочные расчеты для данной схемы в пролете АВ и на опоре В для угловой зоны. В пролете АВ изгибающий момент вызывает в крайних волокнах стенки сжимающие напряжения, поэтому в расчет принимаем $I_X^{эф}$ = 2,37 см^4.

Тогда для направляющей 150.0102 максимальные нормальные напряжения в точке 1' равны:

$$\sigma_1^{AB} = \frac{60}{2,08} - \frac{8,28\cdot10^2}{2,37}\cdot 3,41 = 29 - 1191 = -1162\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(сжатие)}$$

Максимальные нормальные напряжения в точке 2 равны:

$$\sigma_2^{AB} = \frac{60}{2,08} + \frac{8,28\cdot10^2}{2,37}\cdot 0,79 = 29 + 276 = 305\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(растяжение)}$$

На опоре В изгибающий момент вызывает в крайних волокнах стенки растягивающие напряжения. Отношение свесов полок к толщине не выходит за пределы, при которых следует проверять местную устойчивость полок, поэтому в данном случае в расчет принимаем I_X = 7,00 см^4.

$$\sigma_1^{B} = \frac{48}{2,08} + \frac{15,4\cdot10^2}{7,00}\cdot 4,59 = 23 + 1010 = 1033\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(растяжение)}$$

$$\sigma_2^{B} = \frac{48}{2,08} - \frac{15,4\cdot10^2}{7,00}\cdot 1,41 = 23 - 310 = -310\ (кг/см^2) < 1340\cdot1\ (кг/см^2)\ \text{(сжатие)}$$

Как видно, в угловой зоне при данных параметрах схемы направляющей условие прочности выполняется во всех случаях с достаточным запасом.

В направляющей 150.0101 местная устойчивость полки и стенки обеспечивается соответствующей конфигурацией сечения и прочностные характеристики при сжатии выше.

Проверка жесткости. Как правило, в многопролетных схемах при длине пролетов до 1,5 м и моментах инерции направляющей $I_X > 4,00$ см^4 жесткость направляющей обеспечивается с достаточным запасом. Для убедительности определим максимальный относительный прогиб для схемы на л. 08.21 для угловой зоны. Как видно из таблицы, максимальный относительный прогиб возникает в среднем пролете и равен:

$$f_{BC}^{max} / L = 7,52\cdot10^{-3}/I_x^{эф} = 7,52\cdot10^{-3}/3,01 = 2,5\cdot10^{-3} = \frac{1}{400} < \frac{1}{200}$$

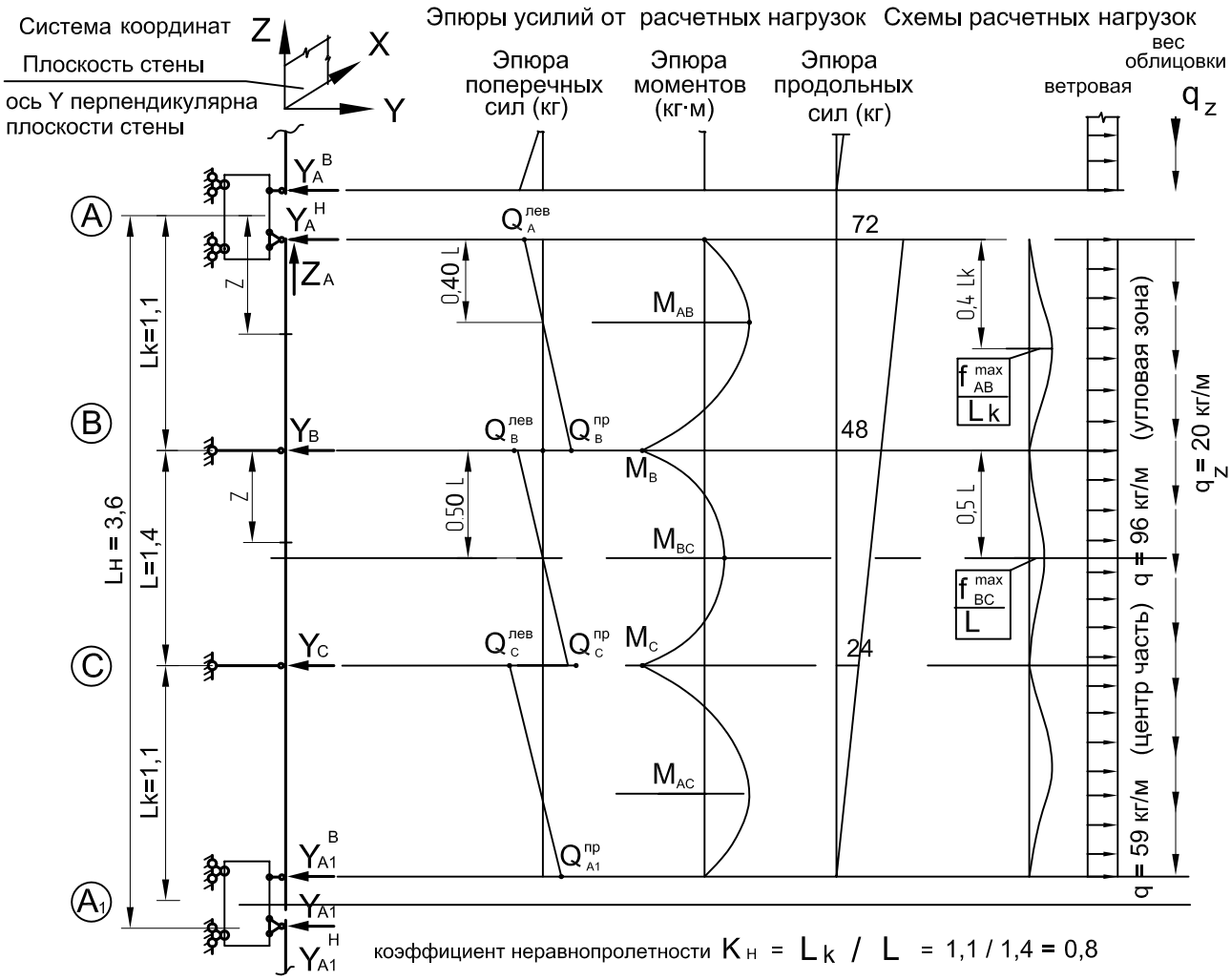
Для равнопролетной схемы на л. 08.16 для тех же условий максимальный относительный прогиб возникает в крайнем пролете и равен согласно таблице:

$$f_{AB}^{max} / L_k = 11,8\cdot10^{-3}/I_x^{эф} = 11,8\cdot10^{-3}/3,01 = 4,0\cdot10^{-3} = \frac{1}{250} < \frac{1}{200}$$

Для расчетов жесткости принят $I_x^{эф}$ для гарантии обеспечения прочности. Данное допущение идет в запас жесткости.

Детальные расчеты имеет смысл проводить в спорных случаях оптимизации расчетных схем при больших объемах. Обычно достаточно определить длину пролета при известных параметрах сечения направляющей согласно основным расчетным формулам на л. 08.08.

Пример расчета на прочность и жесткость



Группа	Параметр	Общая ф-ла	Для центр части при q = 59 кг/м	Для углов. зоны при q = 96 кг/м
изгибающие моменты	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot q L^2$	= 0,044·59·1,4²=5,09 кг·м	= 8,28 кг·м
	M_B	$K_{Ji} \cdot q L^2$	= 0,082·59·1,4²=9,48 кг·м	= 15,4 кг·м
	M_{BC}	$K_{Ji} \cdot q L^2$	= 0,043·59·1,4²=4,97 кг·м	= 8,09 кг·м
поперечные силы	$Q_A^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q L$	= 0,297·59·1,4=24,5 кг	= 39,9 кг
	$Q_B^{пр}$	$K_{Ji} \cdot q L$	= 0,503·59·1,4=41,5 кг	= 67,5 кг
	$Q_B^{лев}$	$K_{Ji} \cdot q L$	= 0,5·59·1,4=41,3 кг	= 67,2 кг
опорные реакции	Y_A =	$K_{Ji} \cdot q L$	= 0,297·59·1,4=24,5 кг	= 39,9 кг
	Y_B =	$K_{Ji} \cdot q L$	= 1,003·59·1,4=82,8 кг	= 134,7 кг
	$\sum_{A}^{H} Z = q_z L_H$ = 20·3,6=72 кг			
относит. перем.	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 \cdot 10^{-3} / I_x$	= 0,039·(59/1,4)·1,4³·10⁻³/I_x =4,51·10⁻³/I_x	= 7,34·10⁻³/I_x
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 \cdot 10^{-3} / I_x$	= 0,040·(59/1,4)·1,4³·10⁻³/I_x =4,62·10⁻³/I_x	= 7,52·10⁻³/I_x

$M_C = M_B$, $M_{AC} = M_{AB}$, $Q_C^{лев} = Q_B^{пр}$, $Q_C^{пр} = Q_B^{лев}$, $Q_{A1}^{пр} = Q_A^{пр}$

Коэффициенты K_{Ji} см. на л. 08.09. при значении $K_н$ = 0,8.

Относительные прогибы определены для алюминиевого сплава с модулем упругости E= 0,7·10⁶ кг/см².

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном

Одним из способов уменьшения вырывающего усилия на дюбель от действия веса облицовки является применение шарнирно-рамного узла соединения несущего кронштейна с направляющей (см. узел л. 03.03). При таком решении узла анкерный кронштейн сопряжен с основанием стены шарнирно, а с направляющей – жестким рамным узлом и момент, возникающий от действия веса облицовки с плечом, равным выносу облицовки от стены, передается на направляющую, разгружая дюбельное крепление. При этом возникает дополнительная нагрузка на направляющую.

Расчет таких схем удобно выполнять с помощью таблиц, приведенных на л. 08.09 ... 08.11 для трех различных случаев нагружения:

1 – й - ветровая нагрузка в пролетах;

2 – й - ветровая нагрузка на консолях (если имеются консоли и на них есть нагрузка);

3 – й - нагрузка от веса облицовки и гололедная.

Первые две составляющие нагрузки имеют переменный знак либо вовсе отсутствуют, третья составляющая присутствует всегда (за исключением гололедной). Все параметры даны в зависимости от коэффициента неравнопролетности. Итоговые эпюры получаются путем суммирования (с учетом знаков) эпюр от всех составляющих.

В качестве примера рассмотрим расчет для аналогичных условий по нагрузкам для трехпролетной схемы с шарнирно-рамным анкерным кронштейном.

Исходные условия: Материал облицовки - керамогранитная плитка, размером 600 х 600 х 8 шаг направляющих - 0,6 м, длина направляющей - 3,6 м, длина центрального пролета 1,2 м,Длина крайних пролетов - 1,0 м, длина консоли - 0,2 м, эксцентриситет приложения вертикальной нагрузки - 0,20м, Высота здания - 15 этажей (55м), второй ветровой район, тип местности -В.

Принимаемые нагрузки: в данных примерах приведены уже готовые величины расчетных нагрузок. Методику определения нагрузок см. разд. 7.

<table>
<tr><td colspan="3">Расчетные ветровые нагрузки:
$q=p\cdot B$</td><td>Расчетная нагрузка от веса плитки:
и гололедная $q_z = p_z \cdot B$</td></tr>
<tr><td>ветровое давление
в центре здания</td><td>ветровой отсос
в центре здания</td><td>ветровой отсос
в угловой зоне</td><td rowspan="2">$q_{zп} = (0{,}008\cdot 2400\cdot 1{,}2)\cdot 0{,}6 = 13{,}8$
$q_{zг} = (8\cdot 1{,}3)\cdot 0{,}6 = 6{,}2$ кг/м
$q_z = q_{zп} + q_{zг} = 13{,}8 + 6{,}2 = 20$ кг/м</td></tr>
<tr><td>$q = 89\cdot 0{,}6 = 53$ кг/м</td><td>$q = 98\cdot 0{,}6 = 59$ кг/м</td><td>$q = 160\cdot 0{,}6 = 96$ кг/м</td></tr>
</table>

На л. 08.24 приведены эпюры усилий от расчетного ветрового давления в пролетах и эпюры относительных перемещений от нормативного ветрового напора в пролетах.

На л. 08.25 приведены эпюры усилий от расчетного ветрового давления на консолях и эпюры относительных перемещений от нормативного ветрового напора на консолях.

На л. 08.26 и 08.27 даны соответствующие эпюры для ветрового отсоса.

На л. 08.28 даны эпюры усилий от расчетного веса облицовки совместно с гололедной и относительные перемещения от действия нормативной нагрузки веса облицовки и гололедной нагрузки.

На л. 08.29. приведены суммарные эпюры при действии ветрового напора в пролетах и на консолях и вертикальной нагрузки от веса облицовки с гололедом. При ветровом напоре при использовании керамогранита передача нагрузки на направляющую осуществляется контактом всей плоскости соприкосновения с плиткой, при этом консоли нагружаются автоматически.

На л. 08.30 приведены суммарные эпюры при действии ветрового отсоса в пролетах и нагрузки от веса облицовки. Ветровой отсос на консолях в этом случае не учитывался, поскольку в данном случае плитка отходит от направляющей и передача нагрузки через плоскость плитки не может выполнится. Передача нагрузки в этом случае может выполнится только через кляммеры, а их, как правило, на консолях

не располагают. (В случае приклеивания плитки к направляющей ветровой отсос на консолях должен учитываться.)

Эпюры усилий должны суммироваться с учетом знаков. Для удобства примем все значения величин, расположенных справа от оси эпюры (т.е. по направлению оси X) положительными, а с левой отрицательными. То же правило знаков принято и для опорных реакций (реакции, направленные по оси X положительны, против оси – отрицательны).

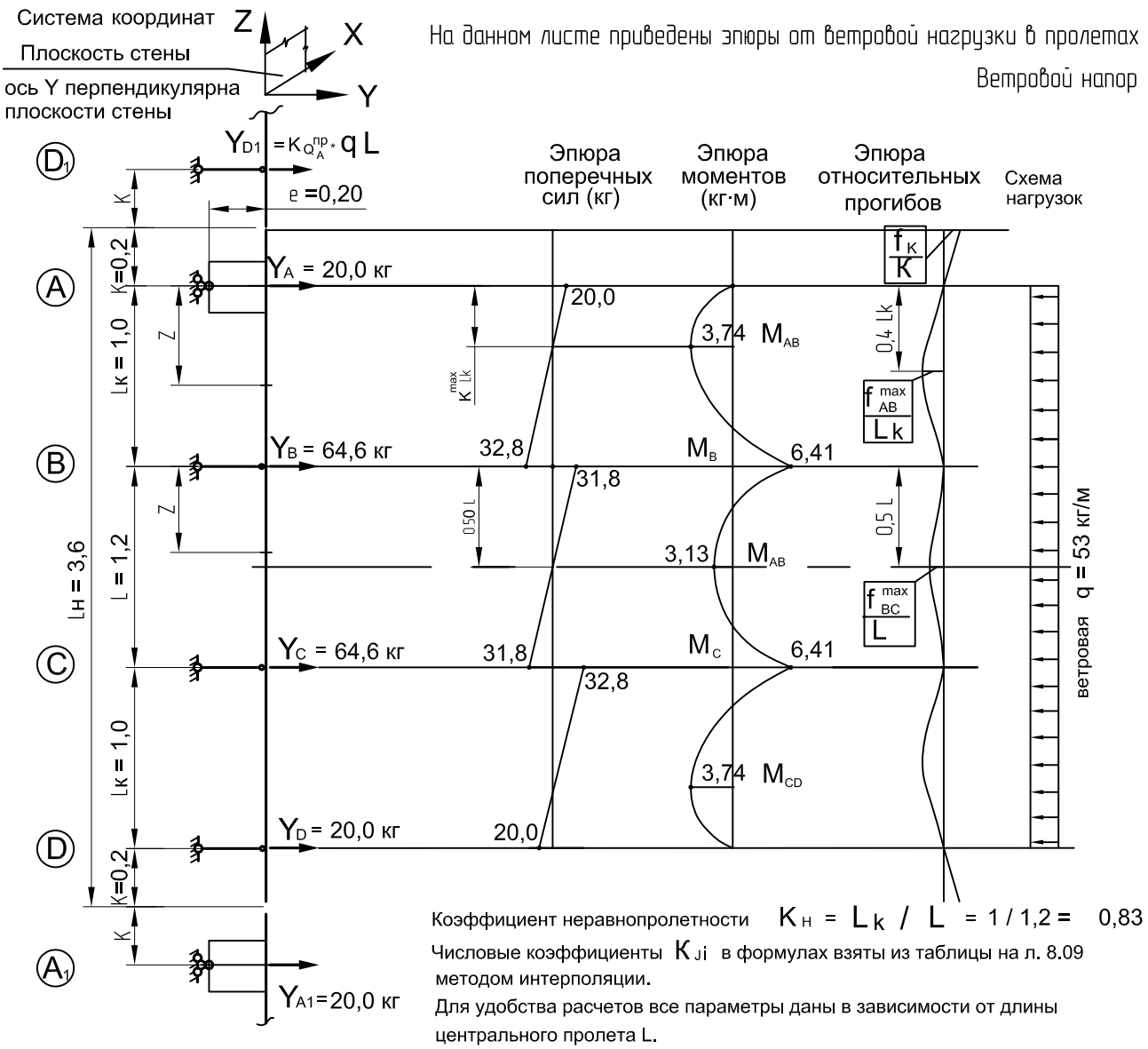
На основании полученных эпюр выполняются расчеты прочности и жесткости направляющей, а также расчеты сопряжений узлов.

В принятых схемах передача нагрузки с облицовки принята равномерно распределенной. Такая схема для ветровой нагрузки наиболее точно реализуется в случае приклеивания плитки к направляющей. При креплении плитки на кляммерах передачу ветрового давления в случае малого зазора между плиткой и плоскостью направляющей можно также считать равномерной по длине. При ветровом отсосе усилия на направляющую передаются точечно в зоне кляммеров, и при шаге кронштейнов, сравнимым с размерами плитки, принимать нагрузку равномерно распределенной некорректно. В случае облицовки из композитных панелей, где нагрузка с облицовки также передается точечно, а шаг креплений облицовки еще больше, чем при керамограните, при расчетах следует принимать сосредоточенные нагрузки.

В этих случаях более обоснованно применять расчеты по реальным схемам с помощью соответствующих программ. Следует отметить, что при шаге кронштейнов, равном двум и более шагам креплений облицовки, даже при самом невыгодном загружении максимальные значения моментов не превышают значений моментов при равномерно распределенной нагрузке более чем на 15 ... 20%. Относительные прогибы также сравнимы. Незначительно увеличивается опорная реакция в крайних опорах (примерно на 20%) за счет снижения на средних.

Дифференцирование расчетных таблиц по схемам загружения удобно по той причине, что в этом случае расчетные формулы всех параметров получаются в простом и удобном виде, а также наглядно определяется вклад каждой составляющей в конечный результат. Это позволяет быстро определить пути оптимизации при расчетах.

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



На данном листе приведены эпюры от ветровой нагрузки в пролетах

Ветровой напор

Коэффициент неравнопролетности $K_H = L_k / L = 1 / 1,2 = 0,83$

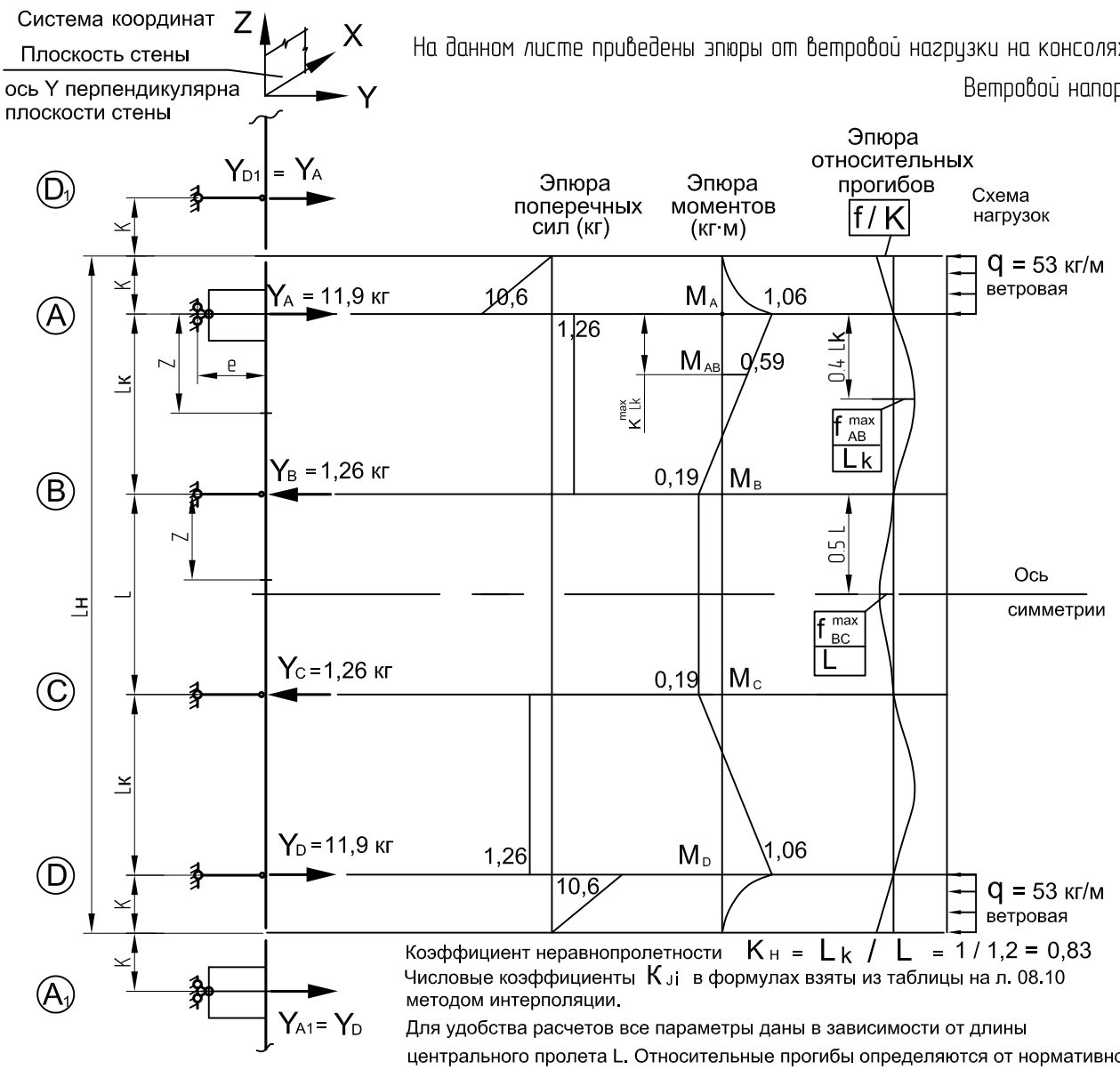
Числовые коэффициенты K_{Ji} в формулах взяты из таблицы на л. 8.09 методом интерполяции.

Для удобства расчетов все параметры даны в зависимости от длины центрального пролета L.

Относительные прогибы определяются от нормативной нагрузки.

	Параметр	Общая формула	Численные значения
опорные реакции	$Y_A = Y_D$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	= 0,314·53·1,2=20,0 кг
	$Y_B = Y_C$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	= 1,016·53·1,2=64,6 кг
поперечные силы	$Q_A^{НЗ} = -Q_D^{ВХ}$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	= 0,314·53·1,2=20,0 кг
	$Q_C^{НЗ} = -Q_B^{ВХ}$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	= 0,516·53·1,2=32,8 кг
	$Q_B^{НЗ} = -Q_C^{ВХ}$	$K_{Ji} \cdot q\,L$	= 0,500·53·1,2=31,8 кг
изгибающие моменты	$M_{AB} = M_{CD}$	$K_{Ji} \cdot q\,L^2$	= 0,049·53·1,2²=3,74 кг·м
	$M_B = M_C$	$K_{Ji} \cdot q\,L^2$	= 0,084·53·1,2²=6,41 кг·м
	M_{BC}	$K_{Ji} \cdot q\,L^2$	= 0,041·53·1,2²=3,13 кг·м
относительн перемещ-ия	f_K / K	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	= 0,178·(53/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =11,6·10⁻³/I_x
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	= 0,047·(53/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =3,07·10⁻³/I_x
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	= 0,036·(53/1,4)·1,2³·10⁻³/I_x =2,36·10⁻³/I_x

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



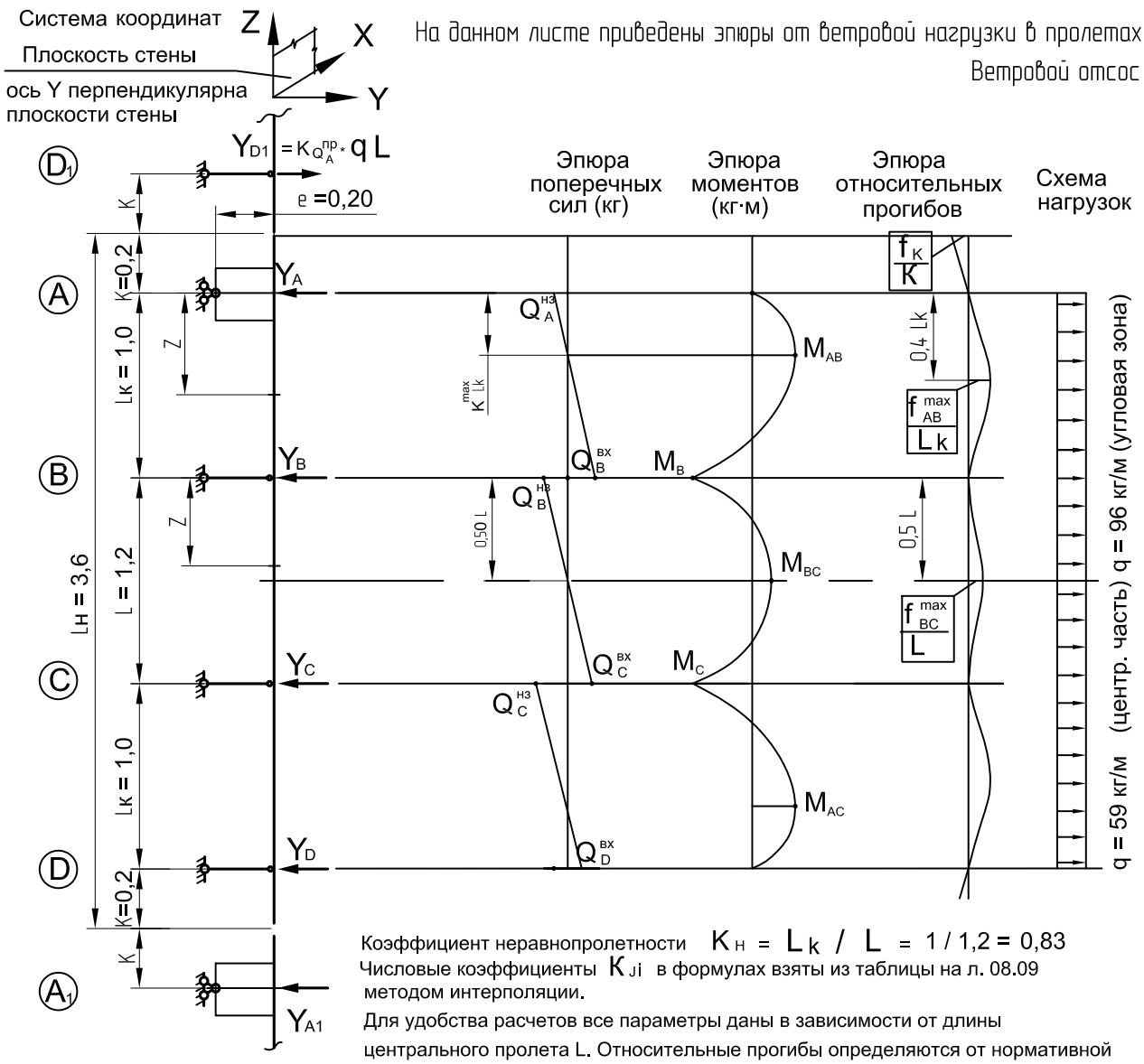
Коэффициент неравнопролетности $K_H = L_k / L = 1 / 1,2 = 0,83$

Числовые коэффициенты K_{Ji} в формулах взяты из таблицы на л. 08.10 методом интерполяции.

Для удобства расчетов все параметры даны в зависимости от длины центрального пролета L. Относительные прогибы определяются от нормативной нагрузки.

Группа	Параметр	Общая формула	
изгибающие моменты	$M_A = M_D$	$M_A = M_D = M_K = qK^2/2$	$= 56 \cdot 0,2^2/2 = 1,06$ кг·м
	$M_B = M_C$	$K_{Ji} \cdot M_K$	$= 0,178 \cdot 1,06 = 0,19$ кг·м
	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot M_K$	$= 0,554 \cdot 1,06 = 0,59$ кг·м
опорные реакции перерез. силы	$-Q_A^{ВХ} = Q_D^{НЗ}$	qK	$= 53 \cdot 0,2 = 10,6$ кг
	$Q_A^{НЗ} = -Q_D^{ВХ}$	$K_{Ji} \cdot M_K / L$	$= 1,421 \cdot 1,06/1,2 = 1,26$ кг
	$Y_B = Y_C$	$K_{Ji} \cdot M_K / L$	$= 1,421 \cdot 1,06/1,2 = 1,26$ кг
	$Y_A = Y_D$	$qK + Y_B$	$= 10,6 + 1,26 = 11,9$ кг
относительн. перемещ-ия	f_{KM}^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot L / I_x$	$= 3,674 \cdot (1,06/1,4) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 3,34 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{KQ}^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot K / I_x$	$= 3,645 \cdot (1,06/1,4) \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 0,55 \cdot 10^{-3} / I_x$
	$f / K = f_{KM}^{max} / K + f_{KQ}^{max} / K$		$= 3,34 \cdot 10^{-3} / I_x + 0,55 \cdot 10^{-3} / I_x = 3,89 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot L / I_x$	$= 3,652 \cdot (1,06/1,4) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 0,59 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot L / I_x$	$= 0,324 \cdot (1,06/1,4) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 0,29 \cdot 10^{-3} / I_x$

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



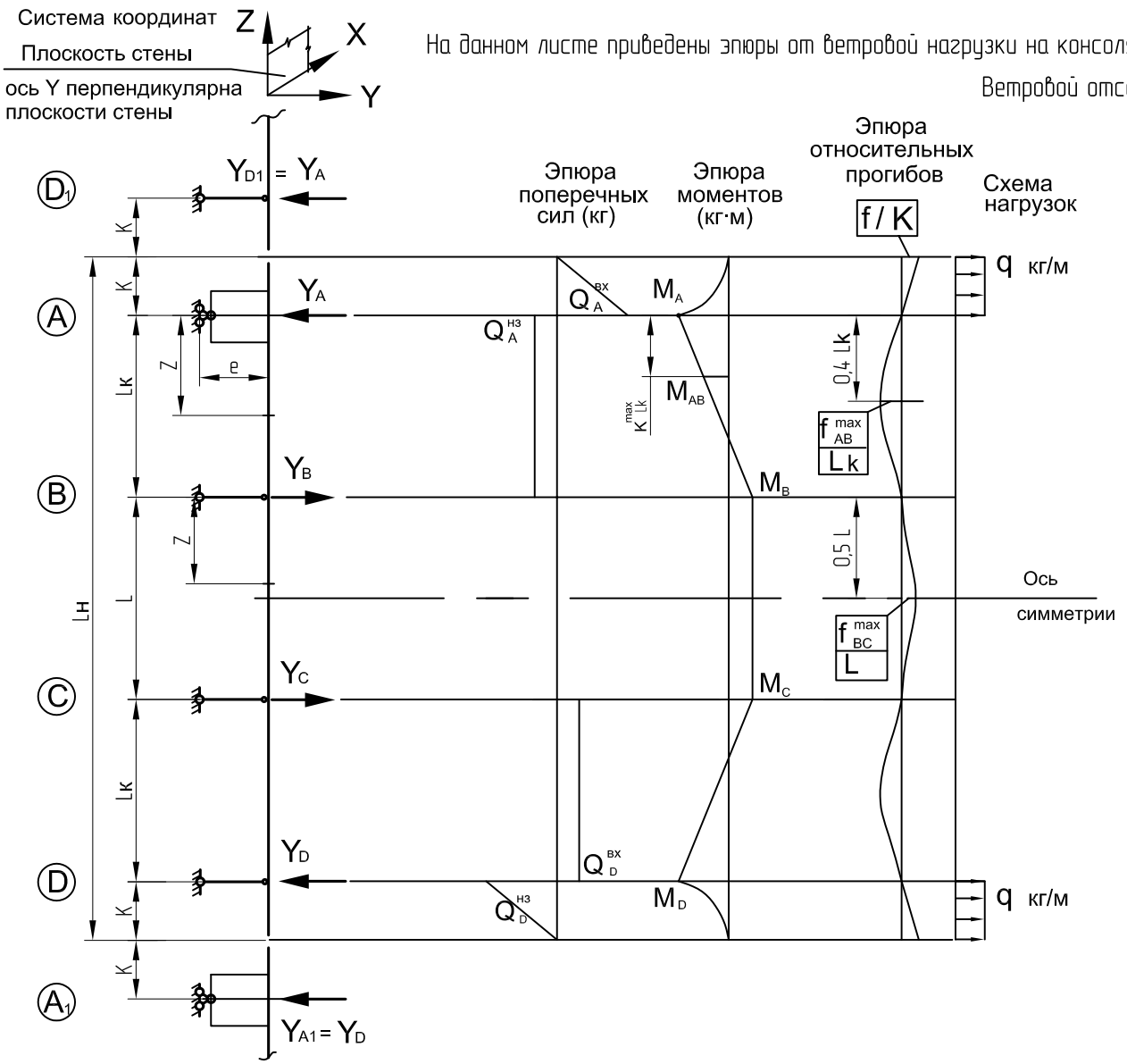
Коэффициент неравнопролетности $K_н = L_k / L = 1 / 1,2 = 0,83$

Числовые коэффициенты K_{Ji} в формулах взяты из таблицы на л. 08.09 методом интерполяции.

Для удобства расчетов все параметры даны в зависимости от длины центрального пролета L. Относительные прогибы определяются от нормативной нагрузки.

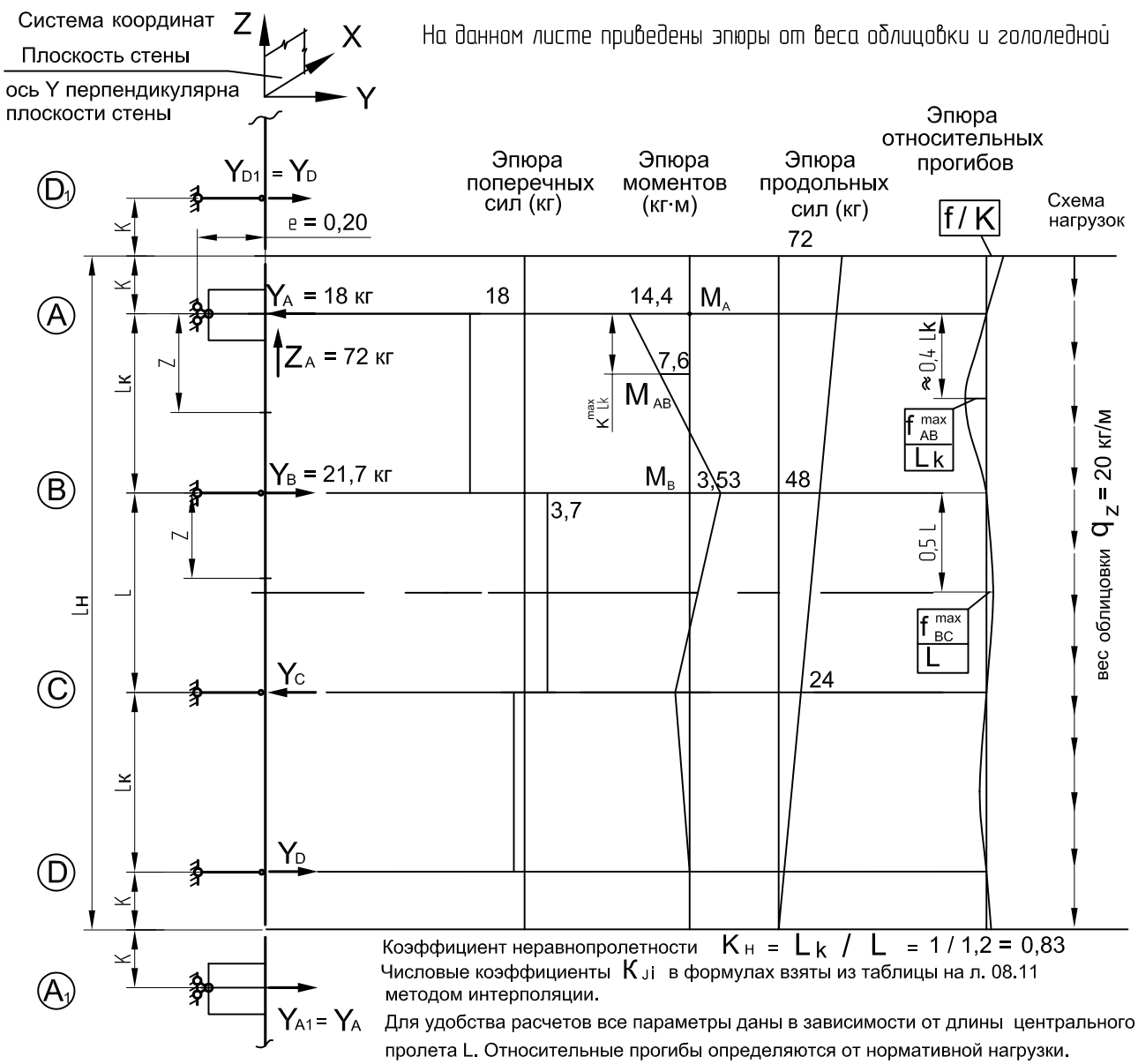
Группа	Параметр	Общая формула	Для центральной части при q = 59 кг/м	Для углов. зоны при q = 96 кг/м
опорные реакции	$Y_A = Y_D$	$K_{Ji} \cdot q\ L$	= 0,314 · 59 · 1,2 = 22,3 кг	= 36,3 кг
	$Y_B = Y_C$	$K_{Ji} \cdot q\ L$	= 1,016 · 59 · 1,2 = 71,9 кг	= 117 кг
поперечные силы	$Q_A^{нз} = -Q_D^{вх}$	$K_{Ji} \cdot q\ L$	= 0,314 · 59 · 1,2 = 22,3 кг	= 36,3 кг
	$Q_B^{вх} = -Q_C^{нз}$	$K_{Ji} \cdot q\ L$	= 0,516 · 59 · 1,2 = 36,5 кг	= 59,4 кг
	$Q_B^{нз} = -Q_C^{вх}$	$K_{Ji} \cdot q\ L$	= 0,500 · 59 · 1,2 = 35,4 кг	= 57,6 кг
изгибающие моменты	$M_{AB} = M_{CD}$	$K_{Ji} \cdot q\ L^2$	= 0,049 · 59 · 1,2² = 4,16 кг·м	= 6,77 кг·м
	$M_B = M_C$	$K_{Ji} \cdot q\ L^2$	= 0,084 · 59 · 1,2² = 7,14 кг·м	= 11,6 кг·м
	M_{BC}	$K_{Ji} \cdot q\ L^2$	= 0,041 · 59 · 1,2² = 3,48 кг·м	= 5,66 кг·м
относительн перемещ-ия	f_K / K	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$= 0,178 \cdot (59/1,4) \cdot 1,2^3 \cdot 10^{-3} / I_x = 12,9 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 21,0 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$= 0,047 \cdot (59/1,4) \cdot 1,2^3 \cdot 10^{-3} / I_x = 3,42 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 5,56 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot q^n L^3 / I_x$	$= 0,036 \cdot (59/1,4) \cdot 1,2^3 \cdot 10^{-3} / I_x = 2,63 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 4,28 \cdot 10^{-3} / I_x$

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



Группа	Параметр	Общая формула	Для центральной части при q = 59 кг/м	Углов. зона q = 96 кг/м
изгибающие моменты	$M_A = M_D$	$M_A = M_D = M_K = q K^2 / 2$	= 59 · 0,2² / 2 = 1,18 кг·м	= 1,92 кг·м
	$M_B = M_C$	$K_{Ji} \cdot M_K$	= 0,178 · 1,18 = 0,21 кг·м	= 0,34 кг·м
	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot M_K$	= 0,554 · 1,18 = 0,65 кг·м	= 1,06 кг·м
опорные перерез. силы	$-Q_A^{вх} = Q_D^{нз}$	$q K$	= 59 · 0.2 = 11,8 кг	= 19,2 кг
	$Q_A^{нз} = -Q_D^{вх}$	$K_{Ji} \cdot M_K / L$	= 1,421 · 1,18 / 1,2 = 1,40 кг	= 2,28 кг
опорные реакции	$Y_B = Y_C$	$K_{Ji} \cdot M_K / L$	= 1,421 · 1,18 / 1,2 = 1,40 кг	= 2,28 кг
	$Y_A = Y_D$	$q K + Y_B$	= 11,8 + 1,40 = 13,2 кг	= 21,5 кг
относительные перемещ-ия	f_{KM}^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot L / I_x$	$= 3{,}674 \cdot (1{,}18 / 1{,}4) \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3} / I_x = 3{,}72 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 6{,}05 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{KQ}^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot K / I_x$	$= 3{,}645 \cdot (1{,}18 / 1{,}4) \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-3} / I_x = 0{,}61 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 0{,}99 \cdot 10^{-3} / I_x$
	$f / K = f_{KM}^{max} / K + f_{KQ}^{max} / K$		$= 3{,}72 \cdot 10^{-3} / I_x + 0{,}61 \cdot 10^{-3} / I_x = 4{,}33 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 7{,}05 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot L / I_x$	$= 0{,}652 \cdot (1{,}18 / 1{,}4) \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3} / I_x = 0{,}66 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 1{,}07 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot M_K^n \cdot L / I_x$	$= 0{,}324 \cdot (1{,}18 / 1{,}4) \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-3} / I_x = 0{,}32 \cdot 10^{-3} / I_x$	$= 0{,}52 \cdot 10^{-3} / I_x$

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



Коэффициент неравнопролетности $K_H = L_k / L = 1 / 1,2 = 0,83$

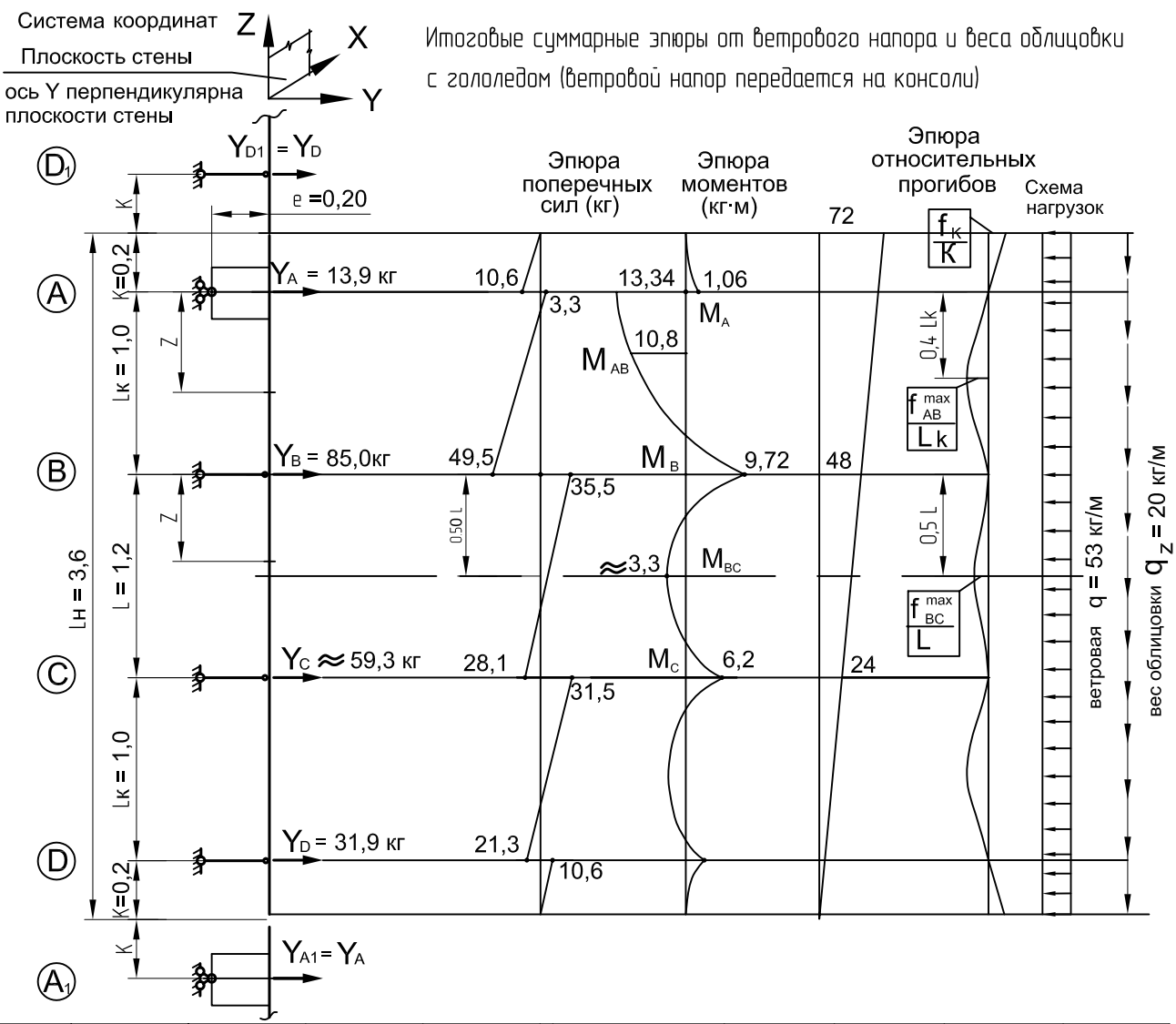
Числовые коэффициенты K_{Ji} в формулах взяты из таблицы на л. 08.11 методом интерполяции.

Для удобства расчетов все параметры даны в зависимости от длины центрального пролета L. Относительные прогибы определяются от нормативной нагрузки.

Группа	Параметр	Общая формула	
изгибающие моменты	M_A	$M_A = M_{ZE} = q_Z L_H \cdot e$	$= 20 \cdot 3,6 \cdot 0.20 = 14,4$ кг·м
	M_B	$K_{Ji} \cdot M_{ZE}$	$= 0,245 \cdot 14,4 = 3,53$ кг·м
	M_{AB}	$K_{Ji} \cdot M_{ZE}$	$= 0,529 \cdot 14,4 = 7,62$ кг·м
перерез. силы	$Q_A^{нз}$	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	$= 1,500 \cdot 14,4 / 1,2 = 18$ кг
	$Q_B^{нз}$	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	$= 0,311 \cdot 14,4 / 1,2 = 3,7$ кг
опорные реакции	$Y_A =$	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	$= 1,500 \cdot 14,4 / 1,2 = 18$ кг
	$Y_B =$	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} / L$	$= 1,811 \cdot 14,4 / 1,2 = 21,7$ кг
		$Z_A = q_Z L_H$	$= 20 \cdot 3,6 = 72$ кг
относительн. перемещ-ия	f_K^{max} / K	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$= 3,540 \cdot (14,4 / 1,2) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 51,0 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{AB}^{max} / L_k	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$= 0,607 \cdot (14,4 / 1,2) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 8,74 \cdot 10^{-3} / I_x$
	f_{BC}^{max} / L	$K_{Ji} \cdot M_{ZE} \cdot L / I_x$	$= 0,164 \cdot (14,4 / 1,2) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} / I_x = 2,36 \cdot 10^{-3} / I_x$

Расчет Y_C; Y_D; Q_C; M_C не выполняем по причине незначительности этих величин.

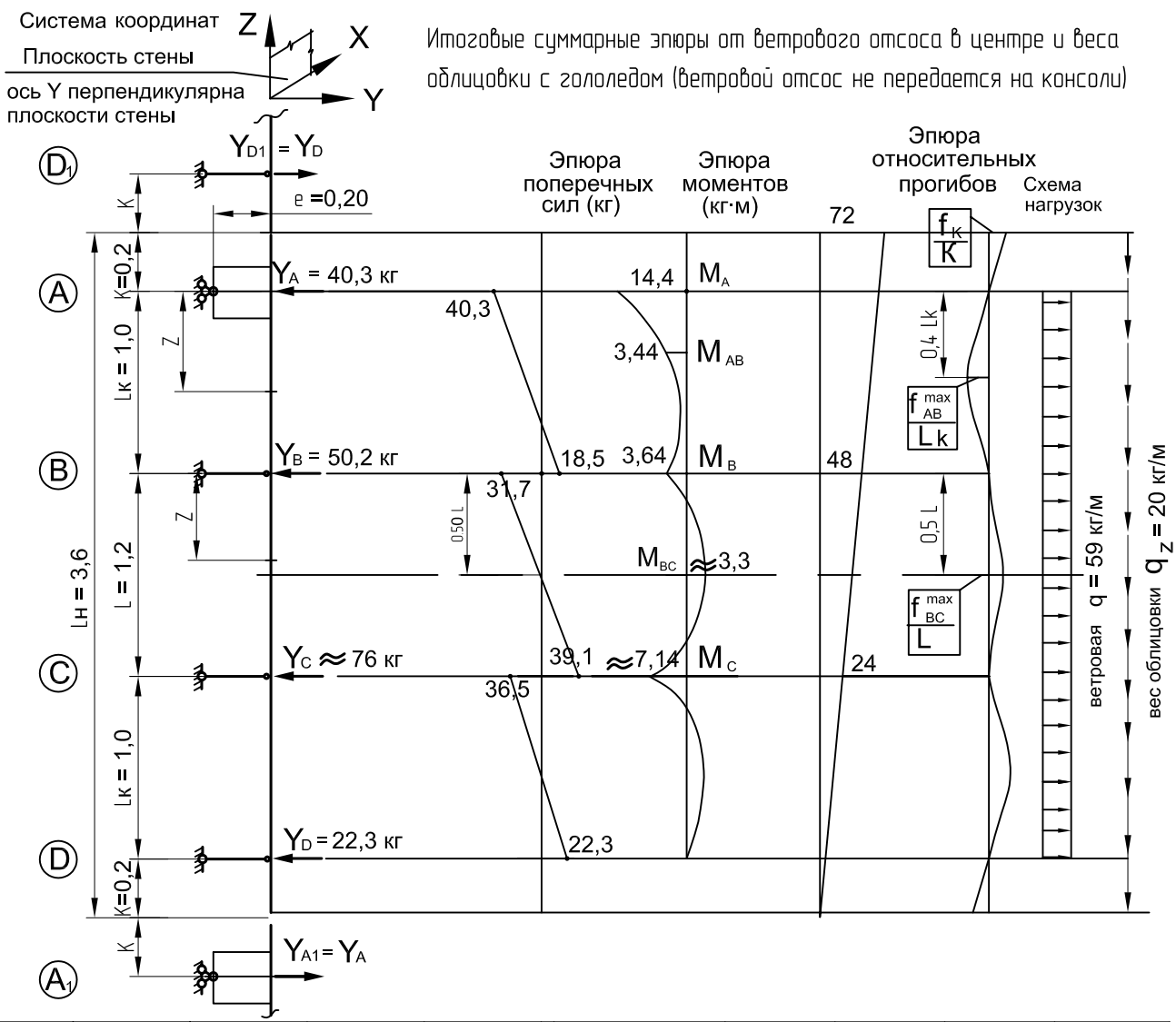
Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



Параметр	Ветр. напор в пролетах		Ветр. напор на консолях		Вес обл-ки и гололед.		Итого	
Y_A (кг)	+20,0		+11,9		-18,0		+13,9	
Y_B (кг)	+64,6		-1,3		+21,7		+85,0	
Y_C (кг)	+64,6		-1,3		≈ - 4		≈ +59,3	
Y_D (кг)	+20,0		+11,9		≈ 0,0		+31,9	
$Q_A^{вх} / Q_A^{нз}$ (кг)	0,00	+20,0	-10,6	+1,3	0,00	-18,0	-10,6	+3,30
$Q_B^{вх} / Q_B^{нз}$ (кг)	-32,8	+31,8	+1,3	0,00	-18,0	+3,7	-49,5	+35,5
$Q_C^{вх} / Q_C^{нз}$ (кг)	-31,8	+32,8	0,00	-1,3	+3,7	≈0	-28,1	+31,5
$Q_D^{вх} / Q_D^{нз}$ (кг)	-20,0	0,00	-1,3	+10,6	≈0	0,00	-21,3	+10,6
M_A (кг·м)	0,00		+1,06		-14,4		-13,3	
M_{AB} (кг·м)	-3,74		+0,59		-7,6		-10,8	
M_B (кг·м)	+6,41		-0,19		+3,5		+9,72	
M_{BC} (кг·м)	-3,13		-0,19		≈ 0		≈ -3,3	
M_C (кг·м)	+6,41		-0,19		≈ 0		≈ +6,2	

Параметр относит. перемещ.	Ветр. напор в пролетах	Ветр. напор на консолях	Вес обл-ки и гололед.	Итого
f_K / K	$\frac{+ 11,6}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{- 3,89}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+ 51,0}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+ 58,7}{10^3 \cdot I_x}$
f_{AB}^{max} / L_k	$\frac{- 3,07}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+ 0,59}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{- 8,74}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{- 11.2}{10^3 \cdot I_x}$
f_{BC}^{max} / L	$\frac{- 2,36}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{- 0,29}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+ 2,36}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{- 0,29}{10^3 \cdot I_x}$

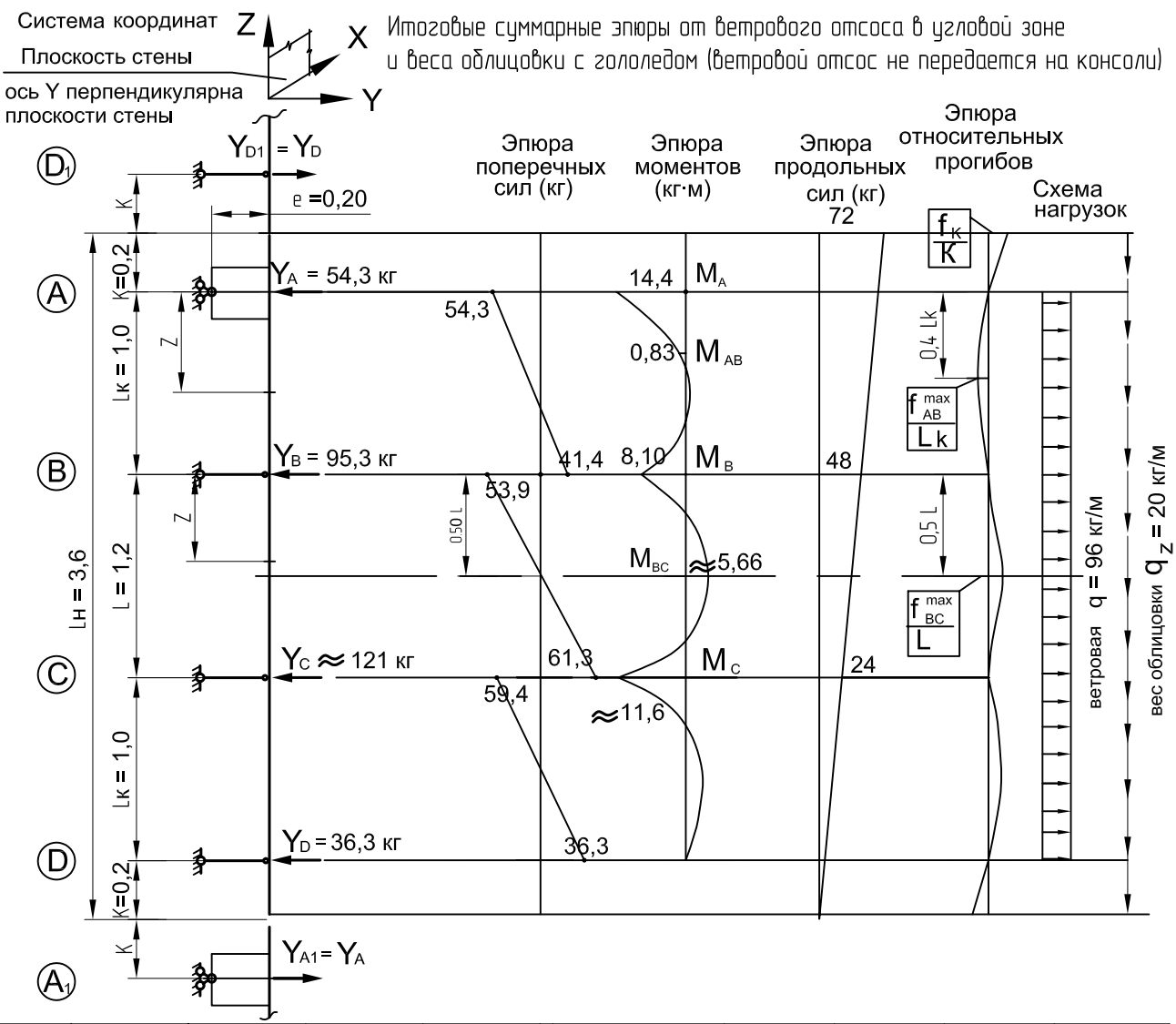
Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



Параметр	Ветр. напор в пролетах	Ветр. напор на консолях	Вес обл-ки и гололед.	Итого
Y_A (кг)	-22,3		-18,0	- 40,3
Y_B (кг)	-71,9		+21,7	- 50,2
Y_C (кг)	-71,9		≈ - 4	≈- 76
Y_D (кг)	-22,3		≈ 0,0	≈- 22,3
$Q^{вх}_A / Q^{нз}_A$ (кг)	0,00 -22,3		0,00 -18,0	0,00 -40,3
$Q^{вх}_B / Q^{нз}_B$ (кг)	+36,5 -35,4		-18,0 +3,7	+18,5 -31,7
$Q^{вх}_C / Q^{нз}_C$ (кг)	+35,4 -36,5		+3,7 ≈0	+39,1 -36,5
$Q^{вх}_D / Q^{нз}_D$ (кг)	+22,3 0,00		≈0 0,00	+22,3 0,00
M_A (кг·м)	0,00		-14,4	-14,4
M_{AB} (кг·м)	+4,16		-7,6	-3,44
M_B (кг·м)	-7,14		+3,5	-3,64
M_{BC} (кг·м)	+3,48		≈ 0	≈ +3,5
M_C (кг·м)	-7,14		≈ 0	≈-7,14

Параметр относит перемещ.	Ветр. напор в пролетах	Ветр. напор на консолях	Вес обл-ки и гололед.	Итого
f_K / K	$\frac{-12,9}{10^3 \cdot I_x}$		$\frac{+51,0}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+38,1}{10^3 \cdot I_x}$
f^{max}_{AB} / L_k	$\frac{+3,42}{10^3 \cdot I_x}$		$\frac{-8,74}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{-5,32}{10^3 \cdot I_x}$
f^{max}_{BC} / L	$\frac{+2,63}{10^3 \cdot I_x}$		$\frac{+2,36}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+4,99}{10^3 \cdot I_x}$

Пример расчета схем с раздельным шарнирно-рамным несущим кронштейном



Параметр	Ветр. напор в пролетах		Ветр. напор на консолях	Вес обл-ки и гололед.		Итого	
Y_A (кг)	-36,3			-18,0		- 54,3	
Y_B (кг)	-117			+21,7		- 95,3	
Y_C (кг)	-117			≈ - 4		≈ - 121	
Y_D (кг)	-36,3			≈ 0,0		≈- 36,3	
$Q^{вх}_A / Q^{нз}_A$ (кг)	0,00	-36,3		0,00	-18,0	0,00	-54,3
$Q^{вх}_B / Q^{нз}_B$ (кг)	+59,4	-57,6		-18,0	+3,7	+41,4	-53,9
$Q^{вх}_C / Q^{нз}_C$ (кг)	+57,6	-59,4		+3,7	≈0	+61,3	-59,4
$Q^{вх}_D / Q^{нз}_D$ (кг)	+36,3	0,00		≈0	0,00	+36,3	0,00
M_A (кг·м)	0,00			-14,4		-14,4	
M_{AB} (кг·м)	+6,77			-7,6		-0,83	
M_B (кг·м)	-11,6			+3,5		-8,10	
M_{BC} (кг·м)	+5,66			≈ 0		≈ +5,66	
M_C (кг·м)	-11,6			≈ 0		≈-11,6	

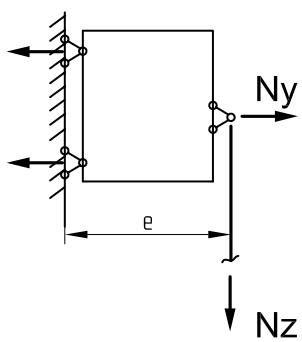
Параметр относит перемещ.	Ветр. отсос в пролетах	Ветр. отсос на конс.	вес обл-ки и гололед.	Итого
f_K / K	$\frac{-21,0}{10^3 \cdot I_x}$		$\frac{+51,0}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+30,0}{10^3 \cdot I_x}$
f^{max}_{AB} / L_k	$\frac{+5,56}{10^3 \cdot I_x}$		$\frac{-8,74}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{-3,18}{10^3 \cdot I_x}$
f^{max}_{BC} / L	$\frac{+4,28}{10^3 \cdot I_x}$		$\frac{+2,36}{10^3 \cdot I_x}$	$\frac{+6,64}{10^3 \cdot I_x}$

Расчеты сопряжений. Типы расчетных схем несущих кронштейнов

Расчет сопряжений заключается в расчете крепления кронштейнов к стене (несущих и опорных), расчете крепления направляющей к кронштейну (непосредственно либо через регулировочный элемент), расчете крепления облицовки к направляющей. При этом также рассчитываются сами кронштейны и соединительные элементы. При расчете несущих кронштейнов в зависимости от схемы сопряжения различают три типа расчетных схем: консольно-шарнирная; консольно-рамная; шарнирно-рамная.

Типы расчетных схем несущих кронштейнов

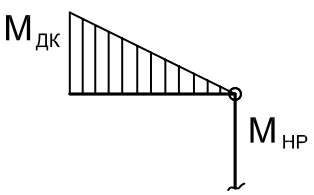
Консольно-шарнирная



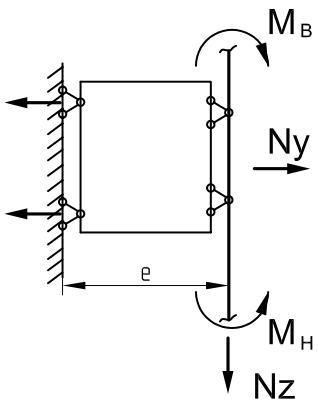
Момент от веса облицовки:

$M_Z = Nz \cdot e = M_{ДК}$

воспринимается дюбельным креплением (дополнительная нагрузка на дюбель)



Консольно-рамная

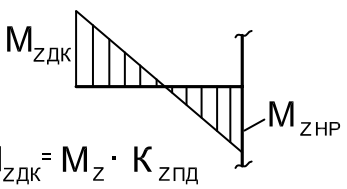


Момент от веса облицовки:

$M_Z = Nz \cdot e$

распределяется между дюбельным креплением и направляющей.

$Nz \cdot e = \underbrace{M_{ZДК}}_{\text{на дюбели}} + \underbrace{M_{Z\,НР}}_{\text{на направл.}}$

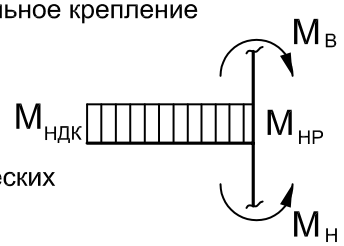


$M_{ZДК} = M_Z \cdot K_{ZПД}$

Степень распределения зависит от податливости дюбельного крепления

\+

Момент от несимметричного изгиба направляющей передается на дюбельное крепление



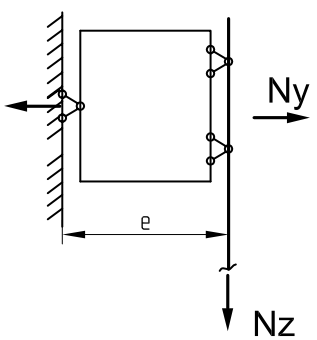
$M_{НР}$ зависит от геометрии схемы и податливости дюбельного крепления (податливость – сумма упругих и пластических деформаций дюбельного крепления)

$K_{ZПД}$ варьируется от 0,85 до 0,25

$K_{НПД}$ варьируется от 0,9 до 0,6

при учете реальной податливости дюбельного крепления.

Шарнирно-рамная

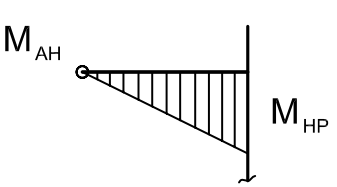


Момент от веса облицовки:

$M_Z = Nz \cdot e = M_{НР}$

воспринимается направляющей

$M_{ДК} = 0$ (дополнительной нагрузки на дюбель нет)



$M_{НДК} = M_{НР} = M_В + M_Н$

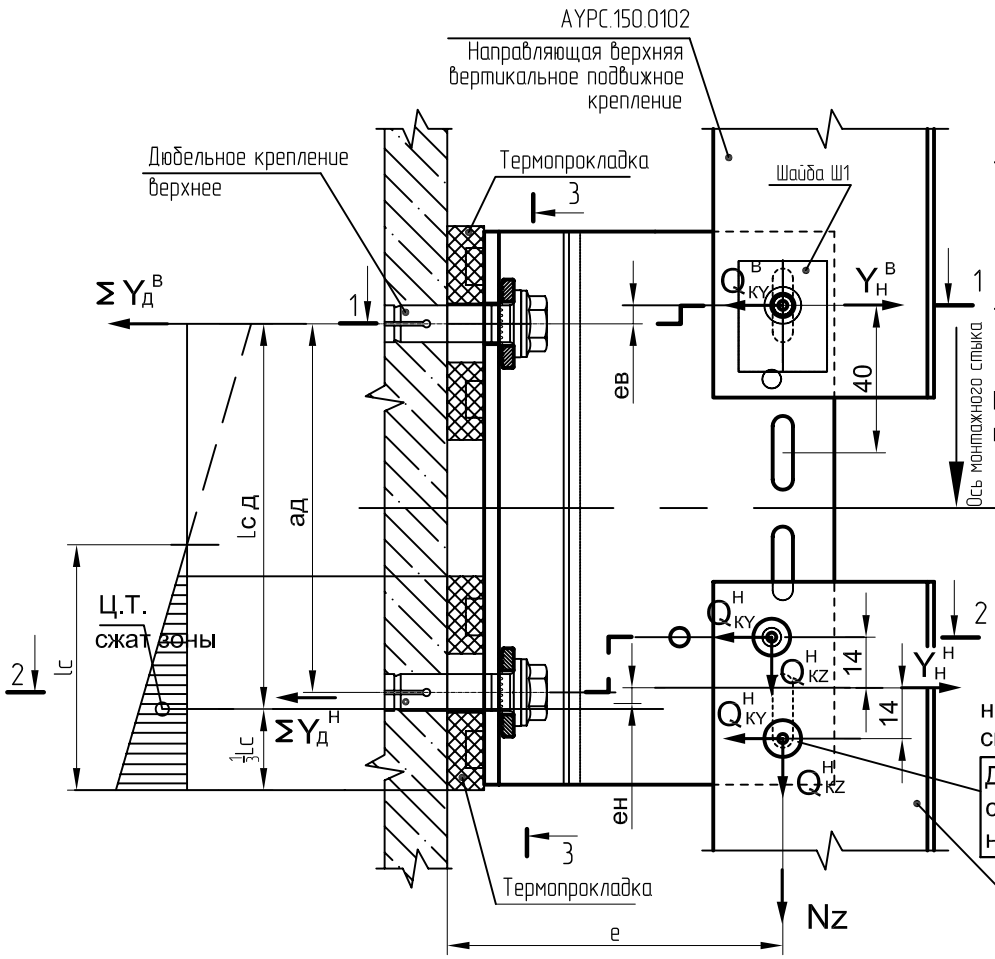
$M_{НР} = M^{ж} * K_{НПД}$

$M^{ж}$ – момент в узле при абсолютно жестком креплении.

При $M_В = M_Н$ $M_{НР} = 0$

Расчеты сопряжений. Консольно-шарнирная схема сопряжений

Наиболее приближен к консольно-шарнирной схеме сопряжений упрощенный вариант креплений на несущем совмещенном кронштейне (см. л. 03.02).



Y_H^B – усилие на дюбельное крепление от верхней направляющей $Y_H^B = -Y_A^B$

Y_H^H – усилие на дюбельное крепление от нижней направляющей $Y_H^H = -Y_A^H$

Здесь Y_A^B и Y_A^H – опорные реакции соответственно для верхней и нижней направляющих.

Q_{KY}^B – усилие среза на верхней заклепке от горизонтальной силы Y_H^B.

Q_{KY}^H - на нижней.

Q_{KZ}^H – усилие среза на нижней заклепке от вертикальной силы Nz .

Для восприятия вертикальной силы установить в самом низу овала

Высота сжатой зоны, а следовательно, и расстояние Lcд в общем случае зависят от соотношения горизонтальных усилий и момента от действия веса облицовки. Для упрощения расчетов можно принять (в запас прочности) Lcд =ад, тогда расчетные формулы для определения усилий в дюбельном креплении имеют вид:

$$\Sigma Y_Д^B = K_{АД}\left\{\frac{Nz \cdot e + Y_H^H \cdot ен + Y_H^B \cdot (ад + ев)}{ад}\right\}$$

$$\Sigma Y_Д^H = K_{АД}\left\{\frac{-Nz \cdot e - Y_H^в \cdot ев + Y_H^н \cdot (ад - ен)}{ад}\right\}$$

Здесь $\Sigma Y_Д^B$ – суммарное усилие на верхних дюбелях (если количество больше одного в одном ряду).

$\Sigma Y_Д^B$ – аналогично на нижних.

$K_{АД}$ – коэффициент асимметрии распределения усилий.

Коэффициенты асимметрии распределения усилий для одиночного дюбеля и двух дюбелей в случае применения дополнительного кронштейна см л. 03.09, 03.10.

Усилие на срез для верхней заклепки $Q_К^B = Q_{KY}^B = Y_H^B$

Усилие на срез для нижней заклепки $Q_К^H = \sqrt{(Q_{KY}^H)^2 + (Q_{KZ}^H)^2} = \frac{\sqrt{(Y_H^H)^2 + (N_Z)^2}}{2}$

Пример расчета. Данные для расчета креплений взяты из примера расчета направляющей.

При ветровом напоре (л. 08.15):

$Y_H^B = -Y_A^B = -25{,}4$ кг, $Y_H^H = -Y_A^H = -25{,}4$ кг, $Nz = 72$ кг

При ветровом отсосе в центральной зоне (л. 08.16):

$Y_H^B = -Y_A^B = -(-28{,}3)$ кг, $Y_H^H = -Y_A^H = -(-28{,}3)$ кг, $Nz = 72$ кг

При ветровом отсосе в угловой зоне (л. 08.16):

$Y_H^B = -Y_A^B = -(-46{,}0)$ кг, $Y_H^H = -Y_A^H = -(-46{,}0)$ кг, $Nz = 72$ кг

Геометрические параметры для расчета креплений:

$ев = 5$ мм, $ен = 5$ мм, $ад = 100$ мм, $е$ для расчета 200 мм

Тогда при ветровом напоре для верхних дюбелей:

$$\Sigma Y_Д^B = К_{АД}\left\{\frac{Nz \cdot е + Y_H^H \cdot ен + Y_H^в \cdot (ад + ев)}{ад}\right\} = К_{АД}\left\{\frac{72 \cdot 200 + (-25{,}4 \cdot 5) + (-25{,}4 \cdot (100+5))}{100}\right\}$$

$$\Sigma Y_Д^B = К_{АД} * 116\,(кг);$$

Максимальное усилие на один дюбель при отсутствии дополнительного кронштейна:

$N_Д = \Sigma Y_Д^B = 1{,}35 * 116 = 157$ (кг);

Максимальное усилие на один дюбель при наличии дополнительного кронштейна:

$N_Д = \Sigma Y_Д^B / 2 = 1{,}2 * 116/2 = 70$ (кг);

При ветровом напоре в зоне нижних дюбелей:

$$\Sigma Y_Д^H = К_{АД}\left\{\frac{-Nz * е - Y_H^в * ев + Y_H^H * (ад - ен)}{ад}\right\} = К_{АД}\left\{\frac{-72 * 200 - (-25{,}4 * 5) + (-25{,}4 * (100-5))}{100}\right\}$$

$\Sigma Y_Д^H = К_{АД} \cdot (-166)$ (кг). Отрицательное значение означает, что в зоне нижнего дюбеля происходит сжатие (при выбранном направлении $\Sigma Y_Д^H$, как указано на схеме).

В этом случае нижний дюбель работает только на срез, сжимающие усилия воспринимаются основанием стены через пластиковую прокладку. $К_{АД}$ в данном случае можно принять равным единице.

При ветровом отсосе в центральной части для верхних дюбелей:

$$\Sigma Y_Д^B = К_{АД}\left\{\frac{Nz \cdot е + Y_H^H \cdot ен + Y_H^в \cdot (ад + ев)}{ад}\right\} = К_{АД}\left\{\frac{72 \cdot 200 + (28{,}3 \cdot 5) + 28{,}3 \cdot (100+5))}{100}\right\}$$

$\Sigma Y_Д^B = К_{АД} \cdot 175$ (кг).

Максимальное усилие на один дюбель при отсутствии дополнительного кронштейна:

$N_Д = \Sigma Y_Д^B = 1{,}35 \cdot 175 = 236$ (кг)

Максимальное усилие на один дюбель при наличии дополнительного кронштейна:

$N_Д = \Sigma Y_Д^B / 2 = 1{,}2 \cdot 175/2 = 105$ (кг)

То же но в зоне нижних дюбелей:

$$\Sigma Y_Д^H = К_{АД}\left\{\frac{-Nz \cdot е - Y_H^в \cdot ев + Y_H^H \cdot (ад - ен)}{ад}\right\} = К_{АД}\left\{\frac{-72 \cdot 200 - (28{,}3 \cdot 5) + (28{,}3 \cdot (100-5))}{100}\right\}$$

В зоне нижнего дюбеля действуют сжимающие усилия:

$\Sigma Y_Д^H = К_{АД} \cdot (-118)$ (кг).

При ветровом отсосе в угловой зоне для верхних дюбелей:

$$\Sigma Y_Д^В = K_{АД}\left\{\frac{72\cdot 200+(46{,}0\cdot 5)+46{,}0\cdot(100+5)}{100}\right\} = K_{АД}\cdot 195\ (кг)$$

Максимальное усилие на один дюбель при отсутствии дополнительного кронштейна:

$$N_Д = \Sigma Y_Д^В = 1{,}35\cdot 195 = 263\ (кг)$$

Максимальное усилие на один дюбель при наличии дополнительного кронштейна:

$$N_Д = \Sigma Y_Д^В / 2 = 1{,}2\cdot 195/2 = 117\ (кг)$$

То же но в зоне нижних дюбелей:

$$\Sigma Y_Д^Н = K_{АД}\left\{\frac{-72\cdot 200-(46{,}0\cdot 5)+(46{,}0\cdot(100-5))}{100}\right\} = K_{АД}\cdot(-103)\ (кг)$$

В зоне нижнего дюбеля действуют сжимающие усилия.

Усилия среза, приходящиеся на один дюбель:

$Q_Д = Nz/2 = 72/2 = 36$ (кг) – без доборного кронштейна;
$Q_Д = Nz/3 = 72/3 = 24$ (кг) – с доборным кронштейном.

По полученным вырывающим усилиям, действующим на дюбели, по каталогам фирм-производителей в зависимости от материала стен подбирают соответствующие марки дюбелей.

Как видно из расчетов, для консольно-шарнирной схемы анкерного кронштейна вырывающие усилия на верхних дюбелях имеют довольно большие значения за счет значительной составляющей от момента, вызванного действием веса облицовки и гололедной нагрузки. Наиболее выгодно данную схему применять при прочных бетонных основаниях (при креплении анкерных кронштейнов в пояса) либо легкой облицовке при малых и средних ветровых нагрузках.

Расчет заклепок.

Усилие на срез для верхней заклепки: $Q_К^В = Q_{КУ}^В = Y_Н^В = 28{,}3$ (кг) (при ветров отсосе в центр части)

Усилие на срез для нижней заклепки: $$Q_К^Н = \frac{\sqrt{(Y_Н^Н)^2+(N_Z)^2}}{2} = \frac{\sqrt{28{,}3^2+72^2}}{2} = 72\ (кг)$$

Дополнительные усилия в нижних заклеках от изгиба нижней направляющей не возникают, так как ширина овала – 6 мм , а диаметр заклепки – 5 мм. Полученного зазора достаточно для компенсации углового поворота. (Даже в случае отсутствия зазора усилия, возникающие в заклепках от поворота сечения, являются усилиями короткого действия , т. е. они исчезают после локального местного смятия в пределах 0,2 мм и после этого образуется шарнир).

По усилиям подбирают соответствующие заклепки.

Кроме того, необходимо выполнить проверку на смятие соединяемых элементов по формуле:

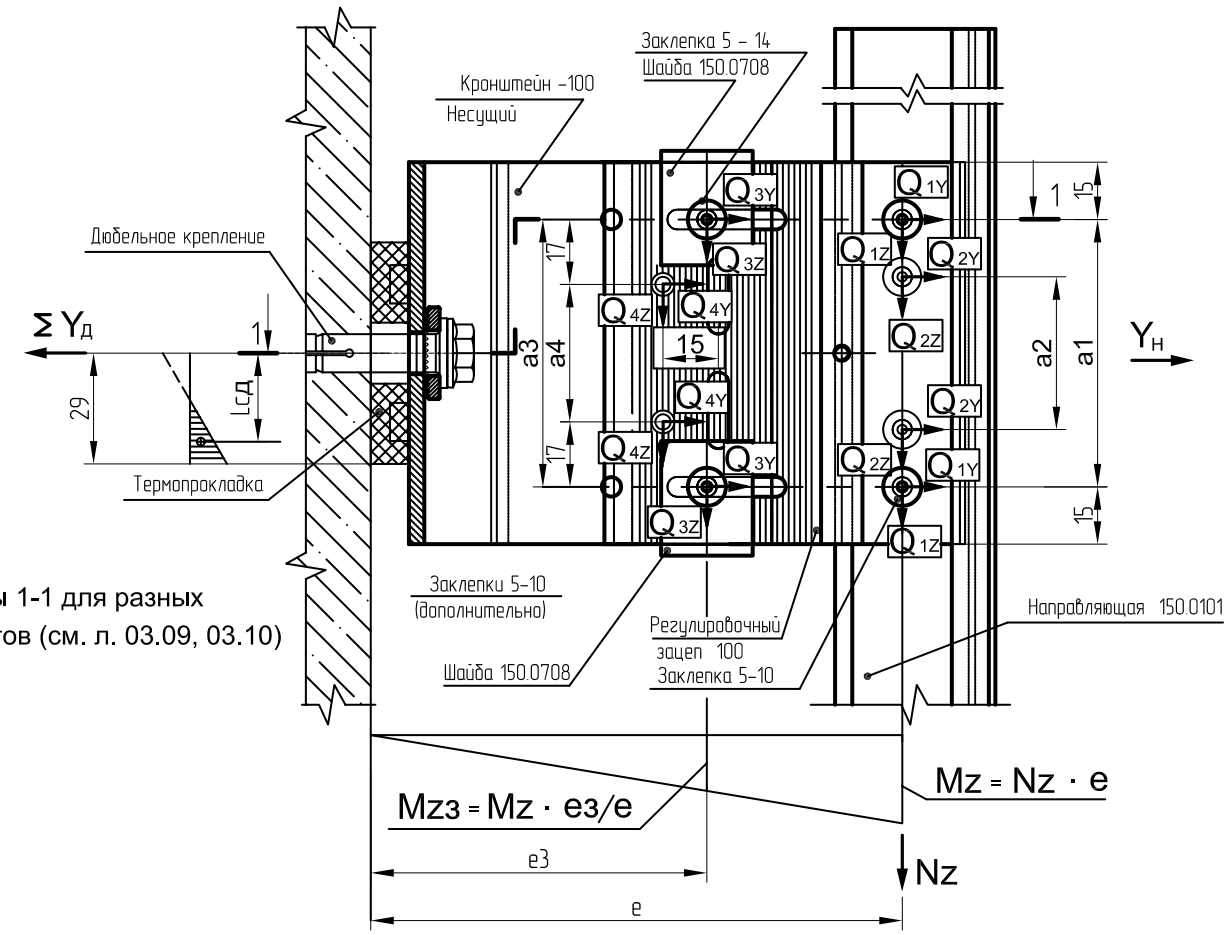
$$\sigma_{см} = Q_К/(d_К\cdot t_{см}) \leqslant R_{см},$$

где: $Q_К$ - усилие среза на единичном крепежном элементе (заклепке);
$d_К$ - диаметр заклепки; $t_{см}$ - минимальная толщина сминаемого элемента;
$R_{см}$ - расчетное сопротивление смятию, принимаемое по СНиП 2.03.06-85.

Расчеты сопряжений. Шарнирно-рамная схема сопряжений

Существенное уменьшение вырывающих усилий на дюбели можно получить при использовании шарнирно-рамной схемы сопряжений несущего кронштейна. Наиболее приближены к такой схеме узлы креплений на раздельных анкерных кронштейнах (см л. 03.03 ... 03.06).

Расчетная схема соединений



Разрезы 1-1 для разных вариантов (см. л. 03.09, 03.10)

При данной схеме сопряжений можно считать, что вырывающее усилие на дюбеле возникает только от действия горизонтальной реакции направляющей при ветровом отсосе. При повороте кронштейна от изгиба направляющей в первый момент в дюбеле возникает вырывающее усилие, которое является усилием короткого действия. По расчету поворот сечения составит примерно 1/100, при этом перемещение дюбеля составит с учетом расстояния до центральной точки сжатой зоны примерно 0,25 мм. Такое незначительное первоначальное смещение дюбеля не влияет на его дальнейшую несущую способность:
во-первых, такие незначительные зазоры с большой степенью вероятности могут появится при установке дюбелей, образуя своеобразный шарнир в области дюбеля;
во-вторых, при анализе диаграмм работы дюбелей видно, что несущая способность дюбелей на вырыв при незначительных первоначальных остаточных смещениях (после разгрузки) никак не уменьшается.
В особенности это относится к дюбелям фирмы EJOT SDP для крепления в ячеистом бетоне, где несущая способность дюбеля обеспечивается не распором, а постоянным механическим зацеплением зубьев оболочки дюбеля за карманы в материале стены, образованные вдавливанием зубьев за счет расхода их при вкручивании стального шурупа. В результате такие дюбеля держат предельную нагрузку при значительных смещениях (до 5 ... 10 мм). Небольшие первоначальные смещения также неизбежно возникают в начальной стадии нагружения дюбелей для его включения в работу (в особенности в ячеистых бетонах).

Момент от Nz в данной шарнирно-рамной схеме сопряжения воспринимается заклепочным соединением и передается на направляющую.

Расчет заклепочных соединений

На вышеприведенном узле направляющая от горизонтальных смещений и поворота закреплена пазовым сопряжением с зацепом и крепление направляющей к зацепу является дополнительным и страховочным. Наиболее нагруженными являются крайние заклепки 1.

Усилие среза от вертикальной нагрузки Nz: $Q_{1Z} = Nz/4$

Усилие среза в горизонтальном направлении включает две составляющие – от горизонтальной силы Y_H и усилия от действия момента Mz : $Q_{1Y} = Q_{1YH} + Q_{1M}$

$Q_{1YH} = Y_H / 4$ Q_{1M} определяется из уравнения $Q_{1M} \cdot a1 + Q_{2M} \cdot a2 = Mz$

Учитывая, что $Q_{2M} = Q_{1M} \cdot a2/a1$, получим:

$$Q_{1M} = \frac{Mz}{\left(a1 + \frac{a2 \cdot a2}{a1}\right)}$$

Результирующее векторное усилие от действия Q_{1Z} и Q_{1Y}

$$Q_1 = \sqrt{(Q_{1Z})^2 + (Q_{1Y})^2}$$

При подстановке получим:

Максимальное усилие на единичной заклепке (при усиленном вариане крепления)

$$Q_1 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{4}\right)^2 + \left\{\frac{Y_H}{4} + \frac{Mz}{\left(a1 + \frac{a2 \cdot a2}{a1}\right)}\right\}^2}$$

При установке только крайних заклепок 1 усилие на одной заклепке:

$$Q_1 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{2}\right)^2 + \left(\frac{Y_H}{2} + \frac{Mz}{a1}\right)^2}$$

Аналогично выполняется расчет для заклепок, соединяющих кронштейн с зацепом. Только в расчете необходимо учитывать момент Mz3 , действующий в зоне этих заклепок.

Наиболее нагруженная заклепка 3 в случае установки дополнительных заклепок (при усиленном варианте крепления):

$$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{4}\right)^2 + \left\{\frac{Y_H}{4} + \frac{Mz3}{\left(a3 + \frac{a4 \cdot a4}{a3}\right)}\right\}^2}$$

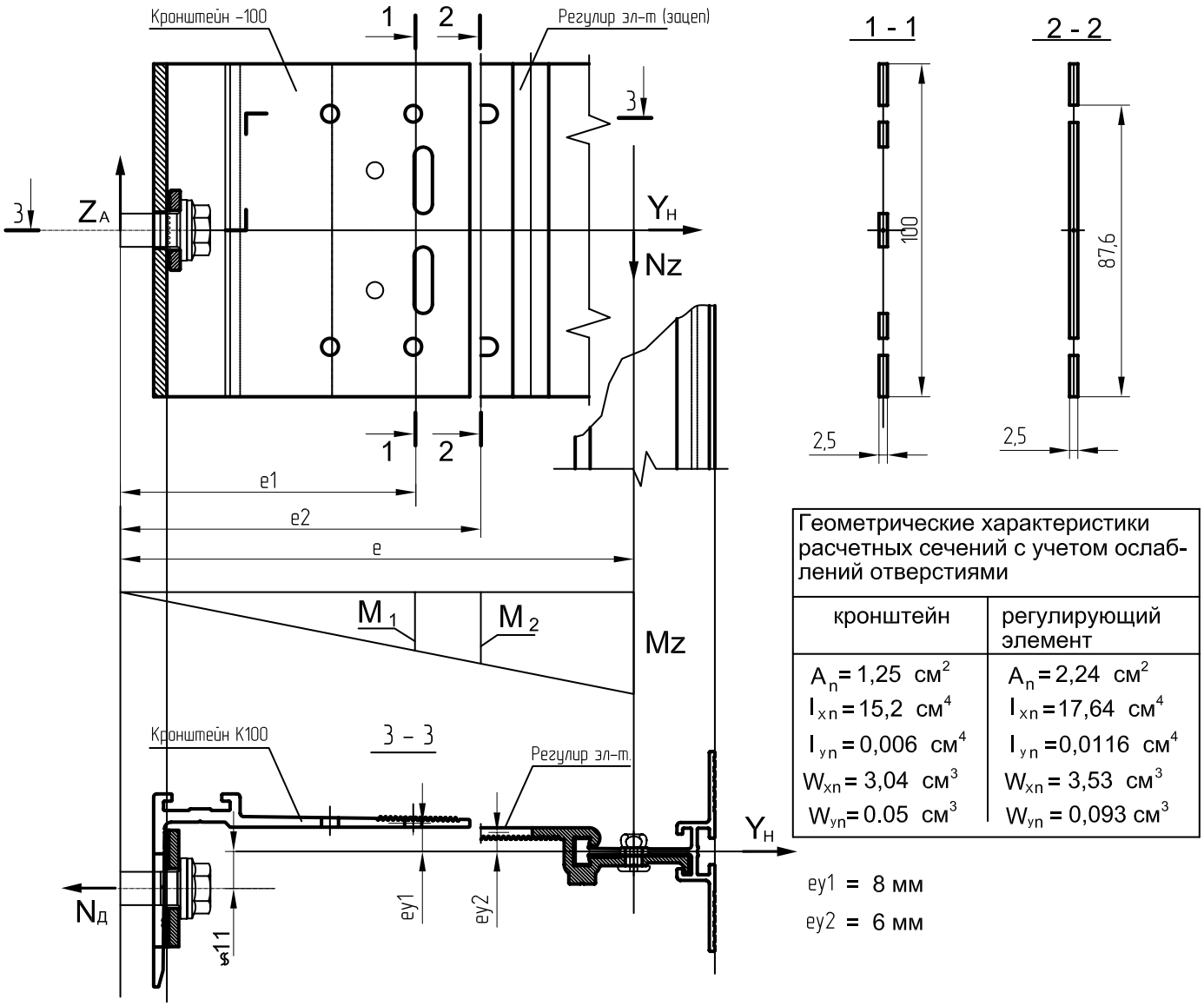
При установке только крайних заклепок 3 усилие на одной заклепке:

$$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{2}\right)^2 + \left(\frac{Y_H}{2} + \frac{Mz3}{a3}\right)^2}$$

Дополнительно выполняется расчет на смятие соединяемых элементов на полученные максимальные значения усилий среза заклепки по формуле на л. 08.35.

Расчет кронштейна и регулировочного элемента

Выполняется проверка прочности несущего кронштейна и регулировочного элемента на растяжение с изгибом в двух плоскостях и срез. Проверочное сечение для кронштейна принимаем (в запас прочности) по разрезу 1-1, а для регулировочного элемента по разрезу 2-2.



Геометрические характеристики расчетных сечений с учетом ослаблений отверстиями

кронштейн	регулирующий элемент
$A_n = 1{,}25$ см^2	$A_n = 2{,}24$ см^2
$I_{xn} = 15{,}2$ см^4	$I_{xn} = 17{,}64$ см^4
$I_{yn} = 0{,}006$ см^4	$I_{yn} = 0{,}0116$ см^4
$W_{xn} = 3{,}04$ см^3	$W_{xn} = 3{,}53$ см^3
$W_{yn} = 0.05$ см^3	$W_{yn} = 0{,}093$ см^3

ey1 = 8 мм
ey2 = 6 мм

Макс. нормальные напряжения для кронштейна:

$$\sigma = \frac{Y_H}{A_n} \pm \frac{M_1}{W_{xn}} \pm \frac{Y_H \cdot ey1}{W_{yn}} \leqslant R \cdot \gamma_c$$

Макс. нормальные напряжения для рег. эл-та:

$$\sigma = \frac{Y_H}{A_n} \pm \frac{M_2}{W_{xn}} \pm \frac{Y_H \cdot ey2}{W_{yn}} \leqslant R \cdot \gamma_c$$

$$\tau = \frac{Nz}{A_n}$$

Проверка на срез по упрощенной формуле

Пример расчета соединений на несущем кронштейне при шарнирно-рамной схеме сопряжений. Данные для расчета возмем из примера расчета направляющей на л. 08.30 (ветровой отсос + вес облицовки)

$Y_H = -Y_A = 40{,}3$ кг, $Nz = 72$ кг, $e = 200$ мм, $e3 \approx 150$ мм (при макс. вылете регулиров. эл-та)

Для анкерного кронштейна -100 согласно узлу на л. 03.03. $a1 = a3 = 70$ мм, $a2 = 40$ мм, $a4 = 36$ мм

Согласно расчетной схеме и формулам на л. 08.36, 08.37:

$Mz = Nz \cdot e = 72 \cdot 0{,}2 = 14{,}4$ (кг·м); $Mz3 = Mz \cdot e3/e = 14{,}4 \cdot 0{,}15/0{,}20 = 10{,}8$ (к·гм)

Максимальное усилие среза в крайней заклепке 1 при усиленном варианте крепления:

$$Q_1 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{4}\right)^2 + \left\{\frac{Y_H}{4} + \frac{Mz}{\left(a1 + \frac{a2 \cdot a2}{a1}\right)}\right\}^2} = \sqrt{\left(\frac{72}{4}\right)^2 + \left\{\frac{40{,}3}{4} + \frac{14{,}4}{\left(0{,}07 + \frac{0{,}04 \cdot 0{,}04}{0{,}07}\right)}\right\}^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{18^2 + \left(10 + 155\right)^2} = 166 \text{ (кг)}$$

Максимальное усилие среза в крайней заклепке 1 при установке только крайних заклепок:

$$Q_1 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{2}\right)^2 + \left(\frac{Y_H}{2} + \frac{Mz}{a1}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{72}{2}\right)^2 + \left(\frac{40{,}3}{2} + \frac{14{,}4}{0{,}07}\right)^2} = 229 \text{ (кг)}$$

08

В действительности соединение направляющей с регулировочным элементом способно воспринимать усилия (кроме вертикальной составляющей) благодаря профильному зацеплению, и заклепки рассчитывают ся только на вертикальную составляющую от веса облицовки. Поэтому достаточно установки только двух заклепок. Расчет соединений выполнен для случая применения узла в упрощенном варианте для направляющей АУРС.150.0102, (см. узел на л. 03.06) когда все усилия в соединении воспринимаются заклепками.

Расчет соединений регулировочного элемента с кронштейном

Максимальное усилие среза в крайней заклепке 3 при усиленном варианте крепления:

$$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{4}\right)^2 + \left\{\frac{Y_H}{4} + \frac{Mz3}{\left(a3 + \frac{a4 \cdot a4}{a3}\right)}\right\}^2} = \sqrt{\left(\frac{72}{4}\right)^2 + \left\{\frac{40{,}3}{4} + \frac{10{,}8}{\left(0{,}07 + \frac{0{,}036 \cdot 0{,}036}{0{,}07}\right)}\right\}^2}$$

$$Q_3 = \sqrt{18^2 + \left(10 + 122\right)^2} = 133 \text{ (кг)};$$

Максимальное усилие среза в крайней заклепке 3 при установке только крайних заклепок:

$$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{2}\right)^2 + \left(\frac{Y_H}{2} + \frac{Mz3}{a3}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{72}{2}\right)^2 + \left(\frac{40{,}3}{2} + \frac{10{,}8}{0{,}07}\right)^2} = 179 \text{ (кг)}$$

Соответствующие расчеты для угловой зоны при действии ветрового отсоса и веса облицовки при $Y_H = -Y_A = 54{,}3$ кг, $Nz = 72$ кг приведут практически к тем же значениям усилий на заклепках, поскольку основной вклад в усилие на заклепках вносит составляющая от момента Mz.

Проверка на смятие выполняется на максимальное усилие в заклепке по наименьшей толщине соединяемого элемента:

$$\sigma_{см} = Q_к / (d_к \cdot t_{см}) = 179 / (0{,}5 \cdot 0{,}25) = 1430\ (кг/см^2) \leqslant R_{см} = 2000\ (кг/см^2)$$

$R_{см} = R_{гр} = 2000\ (кг/см^2)$ принимается по табл. 13 СНиП 2.03.06-85, с.7.

Расчет кронштейна и регулировочного элемента.

Данные для расчета: в средней части здания – $Y_H = -Y_A = 40{,}3$ кг, $Nz = 72$ кг;
в угловой зоне здания – $Y_H = -Y_A = 54{,}3$ кг, $Nz = 72$ кг.

Изгибающие моменты: в сечении 1-1 $M_1 = Mz \cdot e1/e = 14{,}4 \cdot 0{,}15/0{,}20 = 10{,}8$ (кг·м)
в сечении 2-2 $M_2 = Mz \cdot e2/e = 14{,}4 \cdot 0{,}17/0{,}20 = 12{,}2$ (кг·м)

Геометрические характеристики ослабленных сечений и эксцентриситеты согласно л. 08.38

Для кронштейна: $A_n = 1{,}25$ см^2; $W_{xn} = 3{,}04$ см^3; $W_{yn} = 0{,}05$ см^3; $e_{y1} = 0{,}8$ см

Для регулировочного элемента: $A_n = 2{,}24$ см^2; $W_{xn} = 3{,}53$ см^3; $W_{yn} = 0{,}093$см^3; $e_{y2} = 0{,}6$ см

Максимальные нормальные напряжения для кронштейна в сечении 1-1 согласно формуле на л. 08.38:

$$\sigma = \frac{Y_H}{A_n} + \frac{M_1}{W_{xn}} + \frac{Y_H \cdot e_{y1}}{W_{yn}} = \frac{54{,}3}{1{,}25} + \frac{10{,}8 \cdot 100}{3{,}04} + \frac{54{,}3 \cdot 0{,}8}{0{,}05} = 1267\ (кг/см^2) < R \cdot \gamma_c = 1340 \cdot 1$$

То же для регулировочного элемента в сечении 2-2:

$$\sigma = \frac{Y_H}{A_n} + \frac{M_2}{W_{xn}} + \frac{Y_H \cdot e_{y2}}{W_{yn}} = \frac{54{,}3}{2{,}24} + \frac{12{,}2 \cdot 100}{3{,}53} + \frac{54{,}3 \cdot 0{,}6}{0{,}093} = 719\ (кг/см^2) < R \cdot \gamma_c = 1340 \cdot 1$$

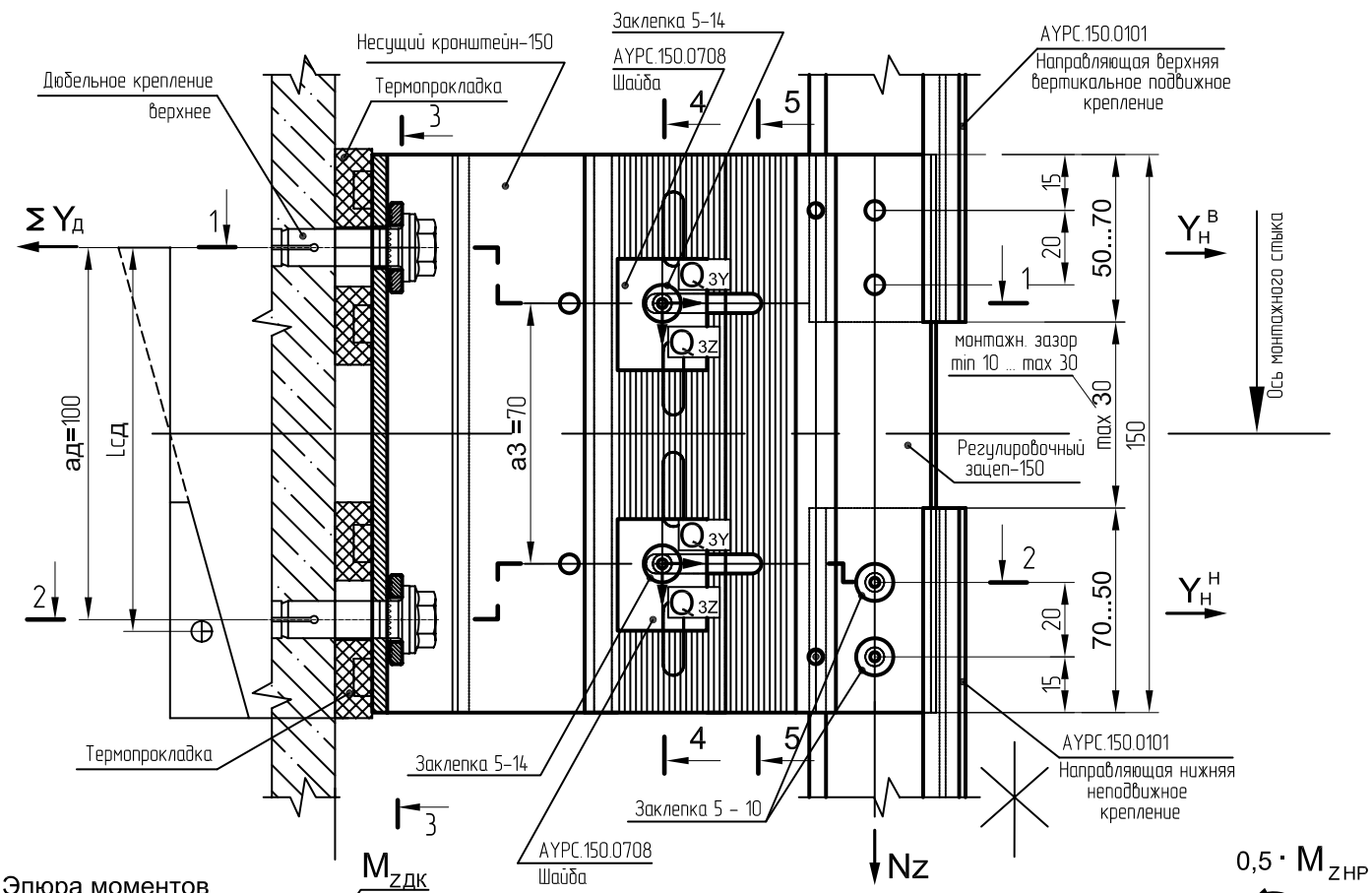
Касательные напряжения среза по упрощенной формуле для кронштейна по сечению 1-1:

$$\tau = \frac{Nz}{A_n} = \frac{72}{1{,}25} = 58\ (кг/см\ 2) < R_S = 750\ (кг/см^2)$$

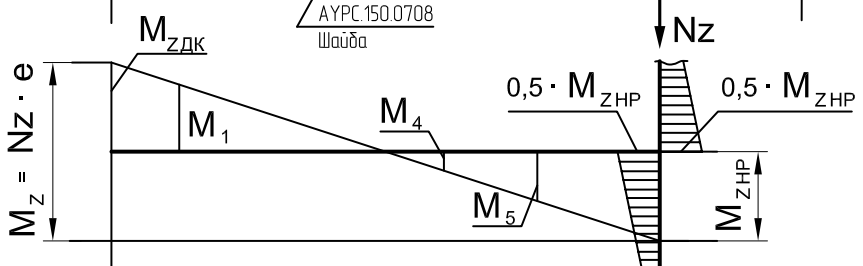
Расчеты сопряжений. Консольно-рамная схема сопряжений

Консольно-рамная схема сопряжений, представленная на л. 08.32, реализуется в узле на совмещенном несущем кронштейне на л. 03.01.

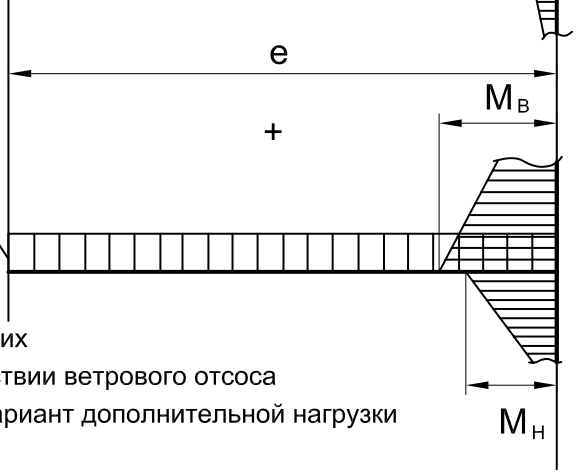
Расчетная схема соединений



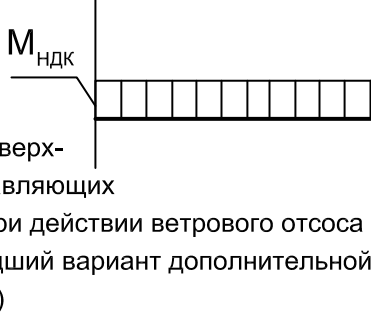
Эпюра моментов в соединении от действия веса облицовки

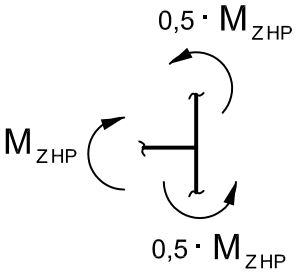


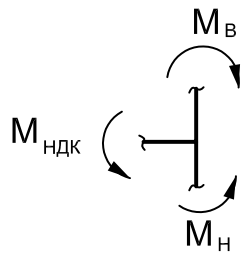
+



Эпюра моментов в соединении от несимметричности опорных моментов верхней и нижней направляющих (в данном случае при действии ветрового отсоса реализуется наихудший вариант дополнительной нагрузки на верхний дюбель)







$M_{НДК} = M_В - M_Н$

в данном случае с учетом знаков

При консольно-рамной схеме сопряжений наиболее нагруженными дюбелями являются верхние от совместного действия горизонтальной реакции верхней направляющей при ветровом отсосе и вырывающего усилия от момента, возникающего от веса облицовки. Также возможно дополнительное вырывающее усилие от несимметричности опорных моментов, возникающих от действия ветровой нагрузки. Неравенство моментов на верхней направляющей $M_В$ и нижней направляющей $M_Н$ при действии ветровой нагрузки может возникать в случае различной длины пролетов для верхней и нижней направляющей, а также неодинаковой степени защемления направляющих в профильном пазу регулировочного элемента. Как правило, пролеты принимаются равной величины, ветровые нагрузки в соседних пролетах одинаковы, тогда асимметрия в моментах может возникнуть только по причине неравенства защемления направляющих. Коэффициент асимметрии можно определить соотношением длин захода верхней и нижней направляющих в пазы регулировочного зацепа. Исходя из предельных допустимых размеров захода направляющих, согласно схеме узла (л. 03.01) соотношение $M_В / M_Н$ можно определить как отношение 70/50.

В случае равных защемлений моменты $M_В = M_Н = M_{ОП}$. При несимметричном заходе (70/50) соотношение моментов: $\frac{M_В}{M_Н} = \frac{M_{ОП} \cdot (1+x)}{M_{ОП} \cdot (1-x)} = \frac{70}{50}$; $x = \frac{70 - 50}{70 + 50} = 0{,}17$

Момент, передающийся на дюбельное крепление: $M_{НДК} = M_В - M_Н = M_{ОП} \cdot 2x$.
С учетом того что происходит перераспределение моментов под нагрузкой, можно принять момент, передающийся на дюбельное крепление, равным примерно $0{,}2 \cdot M_{ОП}$.

Здесь $M_{ОП}$ опорный момент в могопролетной неразрезной схеме (приведена на л. 8.07) с защемлением направляющих от действия ветровой нагрузки. На л. 8.08 приведены формулы для вычисления опорного момента и опорной реакции для этого случая.

08

Момент на опоре: $M_{ОП} = 0{,}086\, qL^2$; опорная реакция $Y = Y_Н^В + Y_Н^Н = 1{,}0\, qL$. При этом $Y_Н^В = Y_Н^Н$.

Момент, возникающий от действия веса облицовки, перераспределяется между дюбельным креплением и направляющей в зависимости от жесткости направляющей, величины пролета и податливости (упругой и пластичной) дюбельного крепления. На л. 08.32 приведены коэффициенты передачи момента на дюбельное крепление, полученные при расчете реальных схем с учетом податливости дюбельного крепления. $К_{ZПД}$ изм. от 0,85 до 0,25
С учетом того что вырывающее усилие от момента, вызванного весом облицовки, является усилием короткого действия, так как после незначительного смещения дюбеля момент начинает восприниматься направляющей и перемещения дюбеля прекращается, в целях упрощения расчетов можно принять $К_{ZПД} = 0{,}6$. При этом момент, воспринимаемый направляющей, в запас прочности принимаем также равным $0{,}6 \cdot M_Z$.
С учетом вышеприведенного вырывающее усилие на верхнем дюбельном креплении при совместном действии ветрового отсоса и веса облицовки составит:

$$\Sigma Y_Д = К_{АД} \cdot \left(Y_Н^В + \frac{0{,}2 \cdot M_{ОП} + 0{,}6 \cdot M_Z}{Lсд} + \frac{0{,}6 \cdot M_Z}{2\ L} \right)$$

$\frac{0{,}6 \cdot M_Z}{2\ L}$ — Дополнительная опорная реакция от действия момента M_Z на верхнее дюбельное крепление

или при подстановке значений моментов:

$$\Sigma Y_Д = К_{АД} \cdot \left(0{,}5 \cdot qL + \frac{(0{,}017 \cdot qL^2 + 0{,}6 \cdot Nz \cdot e)}{Lсд} + \frac{0{,}6 \cdot Nz \cdot e}{2\ L} \right)$$

где: q — расчетная ветровая нагрузка, кг/м;
L — длина пролета, м;
Nz — вертикальная нагрузка от веса облицовки, м;
e — эксцентриситет силы Nz, м;
$Lсд$ — расстояние от верхних дюбелей до центра сжатия зоны в запас прочносити принимаем равным $ад$, м;
$К_{АД}$ — коэффициент асимметрии дюбельного крепления (см. л. 03.09).

Момент, воздействующий на направляющую в консольно-рамном узле:

$$M_{НР} = 0{,}5 \cdot M_{ZHP} + M_{ОП} = \underbrace{0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot M_Z}_{\text{от действ. веса облицовки}} + \underbrace{M_{ОП}}_{\text{от действия ветровой нагрузки}}$$

или после подстановки:

$$M_{НР} = 0{,}3 \cdot Nz \cdot e + 0{,}086\, qL^2$$

Момент, воздействующий на сечение кронштейна по разрезу 3-3, принимаем в запас прочности равным моменту, воспринимаемому дюбельным креплением:

$$M_{3\text{-}3} = 0{,}017 \cdot qL^2 + 0{,}6 \cdot Nz \cdot e$$

Момент, воздействующий на заклепки, соединяющие регулировочный элемент с кронштейном принимаем равным в запас прочности по моменту в сечении 5-5:

$$M_{5\text{-}5} = M_5 + M_{НДК} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot M_Z) + 0{,}2 \cdot M_{ОП}$$

Момент, воздействующий на регулировочный элемент в ослабленном сечении по разрезу 5-5, принимаем в запас прочности:

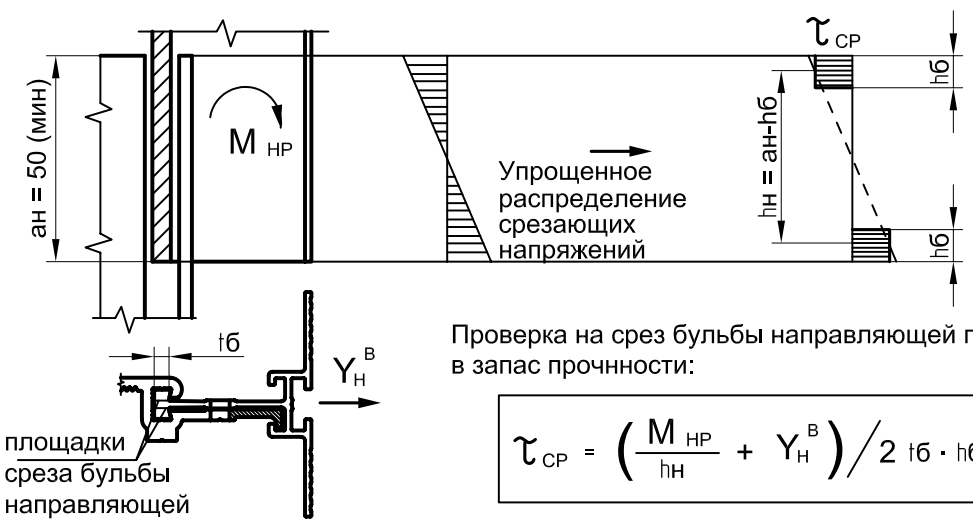
$$M_{рэ} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot M_Z) + 0{,}5 \cdot M_{ОП}$$

Усилие в единичной заклепке:

$$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{2}\right)^2 + \left(Y_H^B + \frac{0{,}6 \cdot M_Z}{2\ L} + \frac{M_{5\text{-}5}}{a3}\right)^2}$$

Заклепки, соединяющие нижнюю направляющую с регулировочным элементом, рассчитываем только на вертикальное усилие Nz, так как при малом плече заклепок момент воспринимается профильным соединением бульбы направляющей с пазом регулировочного элемента.

Соединение направляющей с регулировочным элементом рассчитываем на момент $M_{НР} = 0{,}5 \cdot M_{ZHP} + M_{ОП}$



Проверка на срез бульбы направляющей по упрощенной формуле в запас прочнности:

$$\tau_{СР} = \left(\frac{M_{НР}}{hн} + Y_H^B\right) \Big/ 2\ tб \cdot hб \leqslant R_s$$

Пример расчета консольно-рамной схемы сопряжений

Расчет выполняем для нагрузок и пролетов, аналогичных расчету шарнирно-рамного сопряжения.
Ветровой отсос в центре здания q = 59 кг/м; в угловой зоне q = 96 кг/м.
Расчетная нагрузка от веса облицовки – q_z = 20 кг/м; Длина направляющей – 3,6 м; пролета – 1,2м.
Расчетная схема направляющей - многопролетная неразрезная с защемлением стыка направляющих на совмещенном кронштейне согласно л. 08.07.
Вертикальная нагрузка на анкерный кронштейн: $Nz = 20 \cdot 3,6 = 72$ кг, эксцентриситет e = 200 мм

Расчет верхнего дюбельного крепления на вырыв:

$$\Sigma Y_Д = K_{АД} \cdot \left(0,5 \cdot qL + \frac{(0,017 \cdot qL^2 + 0,6 \cdot Nz \cdot e)}{l_{сд}} + \frac{0,6 \cdot Nz \cdot e}{2\ l} \right)$$

В центральной части здания:

$$\Sigma Y_Д = K_{АД} \cdot \left(0,5 \cdot 59 \cdot 1,2 + \frac{(0,017 \cdot 59 \cdot 1,2^2 + 0,6 \cdot 72 \cdot 0,2)}{0,1} + \frac{0,6 \cdot 72 \cdot 0,2}{2 \cdot 1,2} \right) = K_{АД} \cdot 140 \ (кг)$$

Максимальное усилие на один дюбель при отсутствии дополнительного кронштейна;

$$N_Д = \Sigma Y_Д^B = 1,35 \cdot 140 = 189 \ (кг)$$

Максимальное усилие на один дюбель при наличии дополнительного кронштейна;

$$N_Д = \Sigma Y_Д^B / 2 = 1,2 \cdot 140/2 = 84 \ (кг)$$

В угловой зоне здания:

$$\Sigma Y_Д = K_{АД} \cdot \left(0,5 \cdot 96 \cdot 1,2 + \frac{(0,017 \cdot 96 \cdot 1,2^2 + 0,6 \cdot 72 \cdot 0,2)}{0,1} + \frac{0,6 \cdot 72 \cdot 0,2}{2 \cdot 1,2} \right) = K_{АД} \cdot 171 \ (кг)$$

Максимальное усилие на один дюбель при отсутствии дополнительного кронштейна:

$$N_Д = \Sigma Y_Д^B = 1,35 \cdot 171 = 231 \ (кг)$$

Максимальное усилие на один дюбель при наличии дополнительного кронштейна:

$$N_Д = \Sigma Y_Д^B / 2 = 1,2 \cdot 171/2 = 103 \ (кг)$$

Расчет направляющей в зоне несущего кронштейна

Момент на направляющей в зоне несущего кронштейна: $M_{НР} = 0,3 \cdot Nz \cdot e + 0.086\, qL^2$

В центральной части: $M_{НР} = 0,3 \cdot 72 \cdot 0,2 + 0.086 \cdot 59 \cdot 1,2^2 = 11,6 \ (кг \cdot м)$

В угловой зоне: $M_{НР} = 0,3 \cdot 72 \cdot 0,2 + 0.086 \cdot 96 \cdot 1,2^2 = 16,2 \ (кг \cdot м)$

По аналогии с формулой на л. 08.18 условие прочности направляющей в зоне анкерного кронштейна:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M_{НР}}{W_{xn}} \leqslant R \cdot \gamma_c;$$

В центральной части: $\sigma = \frac{72}{2,12} + \frac{11,6 \cdot 100}{1,56} = 777 \ (кг/см^2) \leqslant 1340 \cdot 1$

В угловой зоне: $\sigma = \frac{72}{2,12} + \frac{16,2 \cdot 100}{1,56} = 1072 \ (кг/см^2) \leqslant 1340 \cdot 1$

Расчет заклепок, соединяющих регулировочный элемент с кронштейном

Усилие в единичной заклепке: $$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{Nz}{2}\right)^2 + \left(Y_H^B + \frac{0{,}6 \cdot M_Z}{2\ L} + \frac{M_{5\text{-}5}}{a3}\right)^2}$$

$Y_H^B = 0{,}5 \cdot qL$

В средней части здания $Y_H^B = 0{,}5 \cdot 59 \cdot 1{,}2 = 35{,}4$ (кг)

В угловой зоне здания $Y_H^B = 0{,}5 \cdot 96 \cdot 1{,}2 = 57{,}6$ (кг)

$$M_{5\text{-}5} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot M_Z) + 0{,}2 \cdot M_{ОП}$$

В средней части здания: $M_{5\text{-}5} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2) + 0{,}2 \cdot 0{,}086 \cdot 59 \cdot 1{,}2^2 = 4{,}5$ (кг·м)

В угловой зоне здания: $M_{5\text{-}5} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2) + 0{,}2 \cdot 0{,}086 \cdot 96 \cdot 1{,}2^2 = 5{,}4$ (кг·м)

В средней части здания: $$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{72}{2}\right)^2 + \left(35{,}4 + \frac{0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2}{2 \cdot 1{,}2} + \frac{4{,}5}{0{,}07}\right)^2} = 109 \text{ (кг)}$$

В угловой зоне здания: $$Q_3 = \sqrt{\left(\frac{72}{2}\right)^2 + \left(57{,}6 + \frac{0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2}{2 \cdot 1{,}2} + \frac{5{,}4}{0{,}07}\right)^2} = 143 \text{ (кг)}$$

08

Расчет профильного зацепления направляющей с регулировочным элементом

$$\tau_{CP} = \left(\frac{M_{HP}}{hн} + Y_H^B\right) \Big/ 2\ tб \cdot hб \leqslant R_s \qquad tб = 0{,}4 \text{ см}; \quad hб = \approx 1 \text{ см}; \quad hн = 4 \text{ см}$$

$$M_{HP} = 0{,}5 \cdot M_{ZHP} + M_{ОП} = 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot M_Z + 0{,}086\ qL^2$$

В средней части здания: $M_{HP} = 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2 + 0{,}086 \cdot 59 \cdot 1{,}2^2 = 11{,}6$ (кг·м)

В угловой зоне здания: $M_{HP} = 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2 + 0{,}086 \cdot 96 \cdot 1{,}2^2 = 16{,}2$ (кг·м)

В средней части здания: $\tau_{CP} = \left(\frac{11{,}6 \cdot 100}{4} + 35{,}4\right) \Big/ 2 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}0 = 407\ (кг/см^2) < R_s = 750\ (кг/см^2)$

В угловой зоне здания: $\tau_{CP} = \left(\frac{16{,}2 \cdot 100}{4} + 57{,}6\right) \Big/ 2 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}0 = 578\ (кг/см^2) < R_s = 750\ (кг/см^2)$

Расчет кронштейна

Расчет выполняется по аналогии с расчетом на л. 08.38, только расчетное сечение берется по разрезу 3-3 на л. 08.41, при этом момент, действующий в плоскости кронштейна, принимается равным моменту, действующему на дюбельное крепление:

$$M_{3\text{-}3} = 0{,}017 \cdot qL^2 + 0{,}6 \cdot Nz \cdot e$$

В средней части здания: $M_{3\text{-}3} = 0{,}017 \cdot 59 \cdot 1{,}2^2 + 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2 = 10{,}1$ (кг·м)

В угловой зоне здания: $M_{3\text{-}3} = 0{,}017 \cdot 96 \cdot 1{,}2^2 + 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2 = 11{,}0$ (кг·м)

Максимальные нормальные напряжения для кронштейна:

$$\sigma = \frac{Y_н}{A_n} \pm \frac{M_{3\text{-}3}}{W_{xn}} \pm \frac{Y_н \cdot e_{y1}}{W_{yn}} \leqslant R \cdot \gamma_c$$

Для кронштейна по сечению 3-3:

$A_n = h \cdot t = (15\text{-}0{,}5) \cdot 0{,}35 = 5{,}08$ см^2

$W_{xn} = \frac{t \cdot h^2}{6} = \frac{0{,}35 \cdot (15\text{-}0{,}5)^2}{6} = 12{,}3$ см^3

$W_{xn} = \frac{h \cdot t^2}{6} = \frac{(15\text{-}0{,}5) \cdot 0{,}35^2}{6} = 0{,}30$ см^3

В средней части здания: $\sigma = \frac{2 \cdot 35{,}4}{5{,}08} + \frac{10{,}1 \cdot 100}{12{,}3} + \frac{2 \cdot 35{,}4 \cdot 0{,}8}{0{,}30} = 285$ (кг/см^2) $< R \cdot \gamma_c = 1340 \cdot 1$ (кг/см^2)

В угловой зоне здания: $\sigma = \frac{2 \cdot 57{,}6}{5{,}08} + \frac{11{,}0 \cdot 100}{12{,}3} + \frac{2 \cdot 57{,}6 \cdot 0{,}8}{0{,}30} = 623$ (кг/см) $< R \cdot \gamma_c = 1340 \cdot 1$ (кг/см^2)

Расчет регулировочного элемента

Момент, воздействующий на регулировочный элемент по сечению 5-5:

$$M_{рэ} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot M_z) + 0{,}2 \cdot M_{оп}$$

В средней части здания: $M_{рэ} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2) + 0{,}5 \cdot 0{,}086 \cdot 59 \cdot 1{,}2^2 = 6{,}67$ (кг·м)

В угловой зоне здания: $M_{рэ} = 0{,}7 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 72 \cdot 0{,}2) + 0{,}5 \cdot 0{,}086 \cdot 96 \cdot 1{,}2^2 = 8{,}96$ (кг·м)

Максимальные нормальные напряжения для регулировочного элемента:

$$\sigma = \frac{Y_н}{A_n} \pm \frac{M_{рэ}}{W_{xn}} \pm \frac{Y_н \cdot e_{y2}}{W_{yn}} \leqslant R \cdot \gamma_c$$

Для регулировочного элемента по сечению 5-5:

$A_n = h \cdot t = (15\text{-}1{,}0) \cdot 0{,}25 = 3{,}5$ см^2

$W_{xn} = \frac{t \cdot h^2}{6} = \frac{0{,}25 \cdot (15\text{-}0{,}5)^2}{6} = 8{,}76$ см^3

$W_{xn} = \frac{h \cdot t^2}{6} = \frac{(15\text{-}1{,}0) \cdot 0{,}25^2}{6} = 0{,}146$ см^3

В средней части здания: $\sigma = \frac{2 \cdot 35{,}4}{3{,}5} + \frac{6{,}67 \cdot 100}{8{,}76} + \frac{2 \cdot 35{,}4 \cdot 0{,}6}{0{,}146} = 386$ (кг/см^2) $< R \cdot \gamma_c = 1340 \cdot 1$ (кг/см^2)

В угловой зоне здания: $\sigma = \frac{2 \cdot 57{,}6}{3{,}5} + \frac{8{,}96 \cdot 100}{8{,}76} + \frac{2 \cdot 57{,}6 \cdot 0{,}6}{0{,}146} = 608$ (кг/см^2) $< R \cdot \gamma_c = 1340 \cdot 1$ (кг/см^2)

Сравнительная таблица различных типов сопряжений

Параметры геометрии и нагрузок
Длина направляющей – 3,6 м, эксцентриситет верт нагрузки – 0,2 м, ветровой отсос – 96 кг/м, длина пролета – 1,2 м, нагрузка от веса облицовки и гололедной – 20 кг/м

Параметры схем		Тип схемы сопряжения в несущем узле		
		консольно-шарнирная	консольно-рамная	шарнирно-рамная
Краткая характеристика		Реализуется только с направл. 150.0102. Регулировочный эл-т отсутствует Несущий кронштейн-150 Совмещенный стык направляющ.	Реализуется только с направл. 150.0101. Регулировочный эл-т обязателен Несущий кронштейн-150 Совмещенный стык направляющ.	Возможна как с направл. 150.0102 так и с 150.0101 при налич регегули-ровочного эл-та. Несущий кронштейн-100 совместно с опор-ным кронштейном -60. Раздельный стык направляющ.
Усилие вырыва на дюбеле анкерного кр-на	без доборного кр-на	263 кг	231 кг	73 кг
	с доборного кр-ном	117 кг	103 кг	32 кг
Усилие среза заклепки в соед. на анк. кр-не	обычный вариант	72 кг	143 кг	179 кг
	усиленный вариант		нет необход.	133 кг
Макс. расчетн. напряжения в кронштейне		375 кг/см2	623 кг/см^2	1267 кг/см^2
Макс. расчетн. напряжения в регулир. эл-те		—	608 кг/см^2	850 кг/см^2
Максимальн. опорный момент в направл. в зоне несущего кронштейна		0 не возникает (шарнирное соед.)	16,2 кг·м опред. ветр. нагр. и частично весом облицовки $0{,}3 \cdot M_z + M_{оп}$	14,4 кг·м практически опред. только значением веса облицовки $M_z = N_z \cdot e$
Максимальн. опорный момент в направл.		13,82 кг м	$M_{оп}$ = 11,9 кг м	11,6 кг м
Максимальн. пролетный момент в направл.		11,05 кг м	6,0 кг м	5,66 кг м
Максимальн. реакция на опорном кронш-не		127 кг	115 кг	121 кг
Усилие вырыва на дюбеле опорного кр-на	без доборн. кр-на	171 кг	155 кг	163 кг
	с доборн. кр-ном	76 кг	69 кг	72 кг

Основные особенности различных схем сопряжений в несущем узле

1. Консольно-шарнирная. Система является статически определимой. Это позволяет однозначно и достаточно точно определять усилия в направляющих и дюбелях несущего кронштейна. Направляющая нагружена изгибом только ветровой нагрузкой. Основной недостаток: составляющая усилия вырыва дюбеля на несущем кронштейне очень сильно зависит от веса и относа облицовки и является усилием дальнего действия, т.е. сохраняется и действует вплоть до полного выхода дюбеля из стены.
Схема рекомендуется при достаточно прочных основаниях (бетонные стены или бетонные пояса) либо при малых нагрузках от веса облицовки.

2. Шарнирно-рамная. Основное преимущество: значительное снижение вырывающих усилий на дюбеле несущего кронштейна от действия веса облицовки, так как момент от веса облицовки воспринимается направляющей. При этом наиболее нагруженными элементами являются заклепки, соединяющие направляющую с кронштейном. Схема рекомендуется при слабых основаниях и значительном моменте от действия веса облицовки. При этом необходимы качественные заклепки с гарантированными свойствами.

3. Консольно-рамная. Наиболее универсальная схема. Позволяет уменьшить усилия вырыва на несущем кронштейне от действия веса облицовки за счет частичного восприятия этих усилий направляющей. Схема является статически неопределимой. Перераспределение усилий между дюбелями и направляющей зависит от податливости дюбельного крепления, которое на практике изменяется в значительных пределах, и несимметричности защемления направляющих. Это требует введения запаса как на расчет дюбелей, так и направляющей, что отражено в формулах на л. 08.44. В результате вырывающие усилия на дюбелях анкерного кронштейна не намного меньше, чем при консольно-шарнирной схеме сопряжения. Главным преимуществом консольно-рамной схемы по сравнению с консольно-шарнирной является то, что в этом случае вырывающие усилия на дюбеле несущего кронштейна от веса облицовки являются усилием короткого действия, поскольку исчезает при выходе верхнего дюбеля примерно на 0,5 ... 1,0 мм и схема переходит в шарнирно-рамную, сохраняя несущую способность и не допуская лавинообразного обрушения облицовки, т.е. помимо запаса, принятого в расчетах, существует запас в действительном характере работы узла, позволяющий обнаружить переход в предаварийную стадию работы узла.

Система навесного вентилируемого фасада ALUTECH ALT 150, создана инженерами с многолетним опытом работы в строительстве и позволяет использовать все преимущества вентилируемого фасада на 100%.

Собственное изготовление всех элементов системы позволяет контролировать качество на всех стадиях производства: от создания сплава алюминия до упаковки готовых изделий. Постоянный контроль качества гарантирует надежность системы ALUTECH ALT 150 и полное соответствие положительным оценкам экспертов ведущих научно-исследовательских институтов России, Украины и Беларуси

СООО «АЛЮМИНТЕХНО»
тел.: +375 17 345 81 43, 45,
факс: +375 17 345 81 48
e-mail: info@alt.by

Свидетельство № 800017207
выдано Министерством
иностранных дел РБ
от 03.12.2002 г. УНП 800017207

ISO 9001:2008 Certified Management System

Licence № 3900

Qualanod

www.alutech.ru