

4.3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЙ СТЕНОВЫХ И КРОВЕЛЬНЫХ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Расчетные характеристики болтов. Для определения расчетных характеристик болтов использована та же методика, которая принята для определения расчетных характеристик прокатных металлов.

Аналогично формуле (4.54) расчетное сопротивление материала болта при взрыве принято равным

$$R_{oc}^b = R_n^{ocb} \gamma_m^b \gamma_v \quad (4.58)$$

где R_n^{ocb} — нормативное сопротивление материала болта при особом сочетании нагрузок; γ_m^b — коэффициент безопасности по материалу болта; γ_v — коэффициент увеличения прочности стали при повышении скорости приложения нагрузки.

В первом приближении для болтов класса 4.6 принято аналогично формуле (4.53)

$$R_n^{ocb} = R_n + 120 \text{ МПа}; \quad (4.59)$$

где R_n — нормативное сопротивление стали болтов, принимаемое при расчетах на прочность и равное временному сопротивлению материала болта.

Средняя величина R_n принята равной 400 МПа. Ввиду отсутствия данных в нормах значение $\gamma_m^b = 1,15$ принято по аналогичным данным ведомственных норм треста Гидромонтаж Минэнерго СССР СТП 513—78, $\gamma_v = 1,2$ как и ранее.

В результате $R_{oc}^b = 400 \cdot 1,15 \cdot 1,2 = 552$ МПа. Это сопротивление использовано при расчете болтов на растяжение. При расчете болтов на срез в качестве расчетного сопротивления принималась величина $R_n = 345$ МПа.

Расчет креплений стеновой панели ПСМ (рис. 4.4).

Деталь крепления $R_n = 345$ МПа; $R_n^{oc} = 345 + 120 = 465$ МПа; $\gamma_m = 1,025$; $R_{oc} = 465 \cdot 1,025 \cdot 1,2 = 572$ МПа; $\gamma_c^{oc} = 1,2$.

Несущая способность детали $\phi 16$ мм:

$$[N] = R_{oc} \gamma_c^{oc} A_n = 57,2 \cdot 1,2 \cdot 2 = 137,28 \text{ кН}.$$

Нагрузка на деталь крепления приходится с площади 18 м^2 , разрушающее давление на панель $137,28/18 = 7,62$ кПа.

Для III ветрового района СССР нормативный ветровой напор $q^{вп} = 450$ Па. С учетом аэродинамического коэффициента 0,8 и коэффициента перегрузки 1,2 расчетный ветровой напор

$$q^{вп} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 450 = 432 \text{ Па}.$$

Необходимое расчетное давление, вызванное взрывом

$$q^{вз} = 7,62 + 0,432 = 8,052 \text{ кПа}.$$

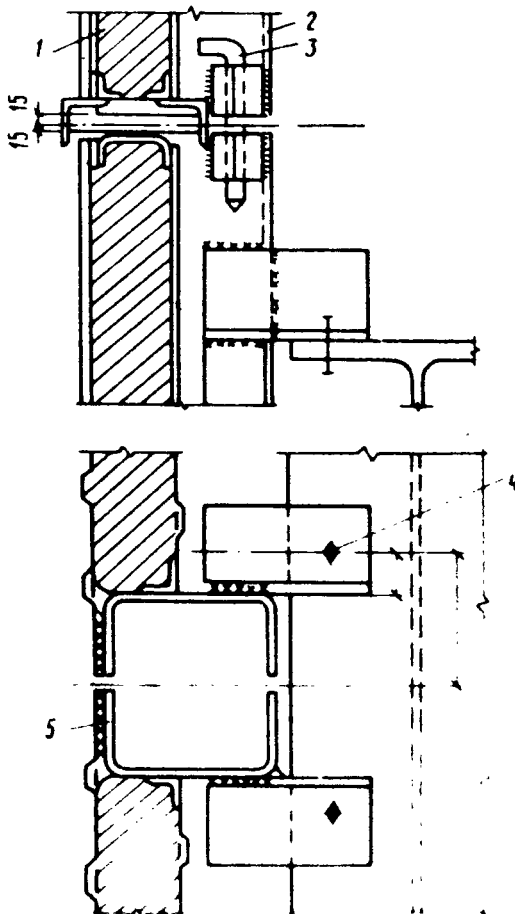


Рис. 4.4. Узел крепления панели ПСМ к опорному ригелю
1 — панель ПСМ, 2 — рама панели,
3 — стержень диаметром 16 мм, 4 — болт М20; 5 — опорный ригель

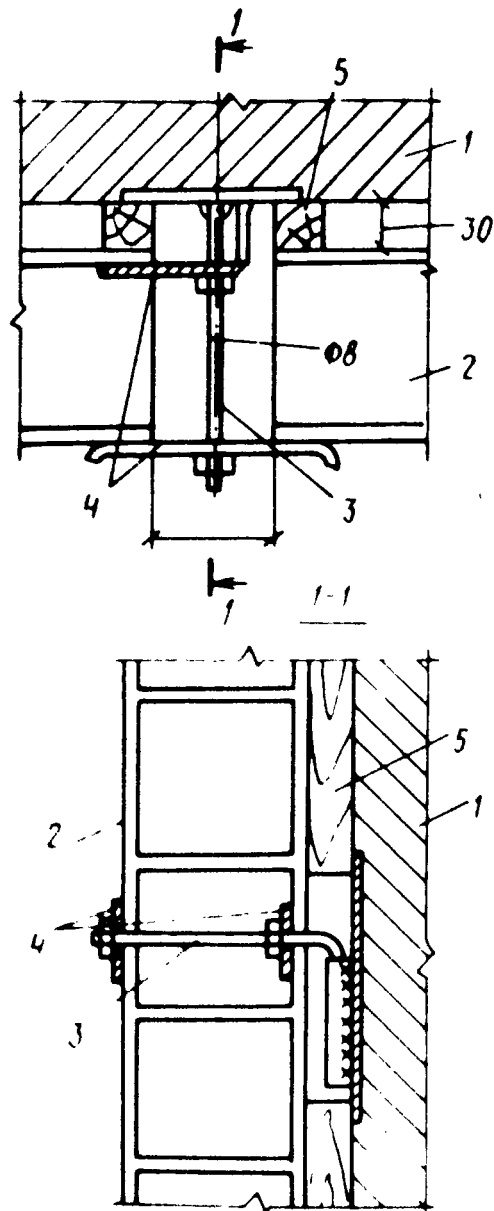


Рис. 4.5. Узел крепления
экструзионных стеновых панелей
1 — железобетонная колонна;
2 — стеновая панель; 3 — металличе-
ский стержень 8 мм; 4 — метал-
лические накладки; 5 —
деревянная рейка

Предполагая, что динамичность нагрузки компенсируется амортизацией панели ($K_d = 1$) и с учетом коэффициента недогрузки $n = 0,7$, необходимое нормативное взрывное давление

$$q_n^{B3} = 8,052/0,7 = 11,5 \text{ кПа.}$$

Узел 1 п.

Крепление осуществляется болтом М 20 класса 4.6, работающим на срез $R_{oc}^{cp} = 410 \text{ МПа}$, $A_n = 3,14 \text{ см}^2$. Несущая способность болта $[N] = R_{oc}^{cp} \gamma_c^{oc} A_n = 41 \cdot 1,2 \cdot 3,14 = 154,5 \text{ кН}$.

Нагрузка на узел приходится с площади $4,5 \text{ м}^2$; разрушающее давление на панель $154,5/4,5 = 34,3 \text{ кПа}$.

Расчет креплений стеновых асбестоцементных экструзионных панелей (рис. 4.5).

Размер панелей $6 \times 6 \text{ м}$. Крепление в двух точках.

Деталь 1. $\phi 8$, резьба М 8, $A = 0,5 \text{ см}^2$; $R_{oc} = 572 \text{ МПа}$. Несущая способность детали

$$[N] = R_{oc} \gamma_c^{oc} A_n = 57,2 \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 34,32 \text{ кН}.$$

Нагрузка на деталь приходится с площади $3,6 \text{ м}^2$.

Разрушающее давление на панель $34,32/3,6 = 9,53 \text{ кПа}$

Ветровое расчетное давление $1,2 \cdot 0,8 \cdot 450 = 0,432 \text{ кПа}$.

Необходимое нормативное давление, вызванное взрывом:

$$q_u^{B3} = (95,3 + 0,432) / 0,7 = 14,23 \text{ кПа}.$$

Расчет креплений кровельных панелей. Размер панели $3 \times 12 \text{ м}$, масса панели $47,2 \cdot 1,1 = 51,9 \text{ кг}$. Масса рубероида с мастикой $8 \cdot 1,1 = 8,8 \text{ кг/м}^2$. Гравийная подсыпка $40 \cdot 1,2 = 48 \text{ кг}$. Панель крепится в четырех углах швами $6-8 \text{ мм}$. Нормативное сопротивление металла шва по временному сопротивлению $R_{min} = 420 \text{ МПа}$; $R_{min}^{oc} = 420 \cdot 1,2 = 504 \text{ МПа}$. Расчетное сопротивление металла шва срезу при особом сочетании нагрузок $R_{wf}^{oc} = R_{min}^{oc} \cdot 0,55 \cdot \gamma_{wm} \gamma$, где $0,55$ — коэффициент перехода от растяжения к срезу; $\gamma_{wm}^V = 1,25$ — коэффициент безопасности по металлу шва; $\gamma_V = 1,2 \cdot R_{wf}^{oc} = 504 \cdot 0,55 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 415,8 \text{ МПа}$.

Несущая способность соединения по прочности металла шва

$$[N]_{wf} = R_{wf}^{oc} \gamma_{wf} \gamma_c^{oc} \beta_f k_f l_w$$

где $\gamma_{wf} = 1$; $\beta_f = 0,7$ (коэффициент при ручной сварке); $k_f = 0,6 \text{ см}$ — катет шва; $l_w = 8 - 1 = 7 \text{ см}$ — расчетная длина шва. $[N]_{wf} = 41,58 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \times 7 = 14,66 \text{ кН}$.

Нормативное сопротивление стали разрыву $R_n = 345 \text{ МПа}$; $R_n^{oc} = 345 + 120 = 465 \text{ МПа}$; $\gamma_m = 1,025$; $R_{oc} = 465 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 572 \text{ МПа}$.

Расчетное сопротивление металла зоны сплавления срезу

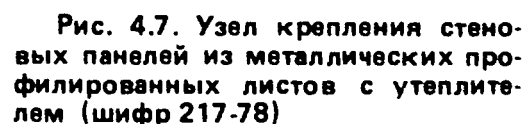
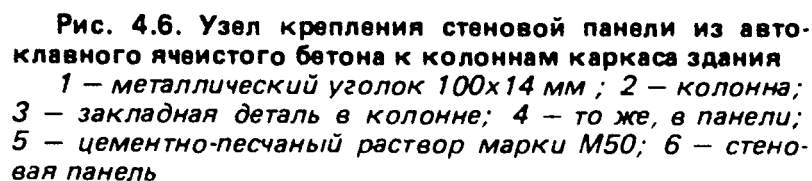
$$R_{wz}^{oc} = 0,45 \cdot R_{oc} = 0,45 \cdot 572 = 257 \text{ МПа}.$$

Несущая способность соединения по металлу зоны сплавления

$$[N]_{mz} = R_{wz}^{oc} \gamma_{mz} \gamma_c^{oc};$$

$$\gamma_{wz} = 1; \beta_z = 1; k_f = 0,6 \text{ см}; l_w = 7 \text{ см};$$

$$[N]_{wz} = 25,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 7 = 12,95 \text{ кН}.$$



1 — колонна; 2 — каркас из швеллеров; 3 — металлические профилированные листы; 4 — накладка для крепления панелей к колонне; 5 — пластина со стержнем диаметром 14 мм; 6 — жесткие минераловатные плиты; 7 — вкладыши из минераловатных плит; 8 — нагельник

В качестве несущей способности сварного шва принята меньшая из величин $[N]_{wf}$ и $[N]_{wz}$, равная 12,95 кН.

Нагрузка на шов собирается с площади 9 м^2 .

Разрушающее крепление давления $12,95/9 = 2,1$ кПа. Учитывая снеговую нагрузку для района 1500 кН/м^2 и коэффициент C , учитывающий снеговой мешок, равный 3, имеем расчетную снеговую нагрузку $1,500 \cdot 1,4 \cdot 3 \approx 6,3$ кПа (1,4 — коэффициент перегрузки).

Необходимое нормативное взрывное давление равно

$$q_n^{B3} = (2,1 + 6,3 + 51,9 + 8,8 + 48) / 0,7 = 27,52 \text{ кПа.}$$

Т а б л и ц а 4.1. Результаты расчетов креплений ЛСК к ограждающим конструкциям

Тип ограждающей конструкции	Площадь, с которой нагрузка приходится на крепление, м ²	Слабейший элемент крепления и его напряженное состояние	Нормативное статическое взрывное давление, разрушающее крепление, кПа
Кровельная панель 3х12 м с учетом снеговой нагрузки в месте перепада высоты здания для 1У снегового района; расчетная величина снеговой нагрузки, 6,3 кН/м ²	9	Сварной шов 6–8 мм, срез	27,52
Стеновая панель ПСМ	18	Стержень с резьбой М16	11,5
Стеновая асбестоцементная экструзионная панель для сельскохозяйственных зданий	3,6	Стержень с резьбой М8, растяжение	14,23
Стеновая керамзитобетонная типовая панель	2,7	Арматурный стержень ϕ 14 мм, растяжение	56,54
Стеновая панель из профилированного настила с заполнением (стекло или минераловатный материал)	9	Стержень ϕ 12 мм, растяжение	12,92
Стеновая асбестоцементная панель:			
проектное решение	1,8	Болт М14, растяжение	67,2
фактически выполненное решение		Стержень ϕ 14 мм, срез	35,7
Переплеты			
схема крепления 1:			
расчетная ветровая нагрузка 4,05 кН/м ²	0,72	Болт М6, срез	32
то же, 1,4 кН/м ²			29,9
схема крепления 2:			
расчетная ветровая нагрузка 1,94 кН/м ²	1,08	—	21,4
то же, 9,3 кН/м ²			19,1
схема крепления 3:			
расчетная ветровая нагрузка 1,09 кН/м ²	1,44	—	21,4
то же, 7,0 кН/м ²			14,8

Расчет креплений стеновых керамзитобетонных панелей (рис. 4.6). Размер панели 6х1,8 м. Крепление в четырех углах с помощью деталей ϕ 14 мм из арматуры класса А-1.

$$A_n = \pi \cdot 1,4^2 / 4 = 1,54 \text{ см}^2; R_{oc} = 572 \text{ МПа.}$$

Несущая способность детали $[N] = R_{oc} \gamma_c^{oc} A_n = 57,2 \cdot 1,2 \cdot 1,54 = 105,7 \text{ кН}$. Нагрузка на деталь приходится с площади 2,7 м². Разрушающее давление на панель $105,7 / 2,7 = 39,15 \text{ кПа}$. Ветровое расчетное давление 0,43 кПа. Необходимое нормативное давление, вызванное взрывом

$$q_n^{вз} = (39,15 + 0,43) / 0,7 = 56,54 \text{ кПа.}$$

Сварные соединения расчетом не проверялись.

Расчет креплений стеновых панелей из профилированного настила с заполнителем (стекло или минераловатный материал) (рис. 4.7). Размер панели 12х3 м. Панель крепится в четырех углах. Наиболее слабая деталь крепления — стержень ϕ 12 мм из Ст3.

$$A_n = \pi \cdot 1,2^2 / 4 = 1,13 \text{ см}^2; R_{oc} = 572 \text{ МПа}.$$

Несущая способность детали $[N] = 57,2 \cdot 1,2 \cdot 1,13 = 77,56 \text{ кН}$. Нагрузка на деталь приходится с площади 9 м². Разрушающее панель давление $77,56/9 = 8,6 \text{ кПа}$. Расчетное ветровое давление 430 Па. Необходимое нормативное давление, вызванное взрывом:

$$q_n^{B3} = (8,62 + 0,43) / 0,7 = 12,92 \text{ кПа}.$$

Расчеты, приведенные в табл. 4.1, показали, что крепления рассмотренных панелей обладают значительным резервом прочности и требуют для их разрушения весьма больших давлений, возникающих при взрыве, опасных для основных строительных конструкций.

4.4. НАГРУЗКИ, РАЗРУШАЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Для установления допускаемых нагрузок на основные несущие и ограждающие конструкции зданий и допускаемые значения снижения давления взрыва на конструкции за счет применения ЛСК можно использовать статистические данные о разрушении и повреждении различных конструкций и зданий в результате аварийных взрывов внутри производственных зданий, испытаний конструкций, а также расчетные данные. При этом представляется возможным рассмотреть следующие конструкции промышленных зданий: с несущими кирпичными стенами; бескаркасные крупнопанельные; здания с железобетонными и металлическими каркасами.

Ни по одному виду строительных конструкций нет столь многочисленных данных об их поведении при взрывах, как по каменным конструкциям. К сожалению, эти данные еще недостаточно обобщены, что ограничивает возможность решения многочисленных задач при проектировании каменных конструкций для зданий с взрывоопасными производствами.

Методы расчета несущей способности конструкции из кирпича отличаются большой степенью идеализации их реальных свойств и условий работы под действием взрывных и других нагрузок. В какой-то степени несовершенство методов расчета компенсируется повышенными коэффициентами запаса прочности, принимаемыми при проектировании каменных конструкций, а также конструктивными ограничениями, которые предусматриваются нормами. Однако при этих условиях о взрывостойких каменных конструкциях можно говорить только, если обеспечивается надлежащее качество их выполнения по проектам, учитывающим их специфические особенности. Невыполнение этих условий ведет к разным повреждениям не только при сильных, но даже и при относительно слабых взрывных нагрузках.

Анализ аварий показывает, что одним из наиболее уязвимых мест в кирпичной кладке являются сечения по швам, в которых сцепление часто оказывается недостаточным для обеспечения