

РАСЧЕТ

на недопущение выдавливания оконных проемов
в полистиролбетонной стене под действием ветровых нагрузок

1. Исходные данные

Оконные проемы с максимальными размерами по высоте 1,5 м и ширине 2,1 м в 25-этажном жилом здании при расчетной высоте этажа $H=3,0$ м.

Окна раскрепляются в простенках и в подоконной части в полистиролбетонные блоки плотностью D250 и в полистиролбетонную перемычку плотностью D300.

2. Цель расчета

Выбрать тип, размеры и определить количество и расположение крепежных элементов, не допускающих выдавливание оконных блоков при самых неблагоприятных ветровых нагрузках – для оконных проемов верхнего этажа.

3. Методы расчета

Расчеты проводятся на основе указаний СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" и методики, изложенной в "Рекомендациях по проектированию энергоэффективных ограждающих конструкций зданий системы "Юникон" (Москомархитектура, 2002 г.).

4. Расчет ветровых нагрузок

Определяем ветровую нагрузку, действующую на окна на верхнем 25-ом этаже.

Высота здания составляет $H=25 \cdot 3 + 2 = 77\text{ м} > 40\text{ м}$, следовательно учитываем пульсационную составляющую ветровой нагрузки. Середина верхнего этажа находится на высоте $z=77 - 3/2 = 75,5\text{ м}$. Принимая тип местности В (городская территория), по табл. 6 СНиП 2.01.07-85 определяем коэффициент k .

$$k = 1,3 + 0,15 \frac{75,5 - 60}{80 - 60} = 1,416.$$

Для г. Москвы (1-й ветровой район) $w_0 = 23\text{ кгс/м}^2$. Тогда средняя составляющая ветровой нагрузки при $c=0,8$ равна

$$w_m = w_0 k c = 23 \cdot 1,416 \cdot 0,8 = 26,05\text{ кгс/м}^2.$$

Определяем пульсационную составляющую ветровой нагрузки w_p по формуле (6.3) "Рекомендаций по проектированию...".

Период собственных колебаний здания $T = 0,021 \cdot H = 0,021 \cdot 77 = 1,617\text{ сек}^{-1}$. Тогда параметр $\varepsilon = 0,004T \sqrt{w_0} = 0,004 \cdot 1,617 \sqrt{23} = 0,031 < 0,05$; а коэффициент динамичности $\xi = 1,18 + 10\varepsilon = 1,18 + 10 \cdot 0,031 = 1,49$.

Определим коэффициент k при $z = H = 77\text{ м}$: $k = 1,3 + 0,15 \frac{77 - 60}{20} = 1,428$. Тогда $w_{mh} = 23 \cdot 1,428 \cdot 0,8 = 26,27\text{ кгс/м}^2$. Определяем по табл.7 СНиП 2.01.07-85 коэффициент ζ при $z=77\text{ м}$ и типе местности В: $\zeta = 0,74 - 0,04 \frac{77 - 60}{20} = 0,706$. По табл.9 СНиП 2.01.07-85 определяем v при $\chi = H = 77\text{ м}$ и $\rho = B = 40\text{ м}$:

$$v = 0,67 - 0,04 \frac{77 - 40}{40} = 0,633.$$

Тогда $w_p = 1,4 \frac{z}{H} \xi w_{mh} \zeta v = 1,4 \cdot \frac{75,5}{77} \cdot 1,49 \cdot 26,27 \cdot 0,706 \cdot 0,633 = 24,01\text{ кгс/м}^2$ и

$$w = w_m + w_p = 26,05 + 24,01 = 50,06\text{ кгс/м}^2.$$

Распределенная ветровая нагрузка на крепежные элементы в простенках составит

$$q_b = w \ell_n \gamma_n \gamma_f = 50,06 \cdot 1,5 \cdot 0,95 \cdot 1,4 = 99,87 \text{ кгс/м,}$$

где $\ell_n = 1,5$ м – расчетная высота окна;

γ_n – коэффициент надежности по назначению (для жилых зданий $\gamma_n = 0,95$);

$\gamma_f = 1,4$ – коэффициент надежности по нагрузке.

Максимальная распределенная ветровая нагрузка на крепежные элементы в подоконной части и в перемычке составит

$$q_r = w \ell_r \gamma_n \gamma_f = 50,06 \cdot 2,1 \cdot 0,95 \cdot 1,4 = 139,65 \text{ кгс/м,}$$

где $\ell_r = 2,1$ м – расчетная длина горизонтальной части окна.

При положительном давлении ветра ($c = 0,8$) наибольшая расчетная сила в середине простенка, примыкающем к окну составит

$$N_b = \frac{q_b \ell_n}{2} = \frac{99,87 \cdot 1,5}{2} = 74,9 \text{ кгс,}$$

и соответственно в середине подоконного участка и перемычки

$$N_r = \frac{q_r \ell_n}{2} = \frac{139,65 \cdot 2,1}{2} = 146,63 \text{ кгс.}$$

При отсосе ($c = -0,6$) ветровые нагрузки на 25% ниже, поэтому они не рассматриваются.

5. Выбор крепежных элементов, расчет их количества и расположения

В качестве крепежных элементов предлагается применять штыри в виде стальной пластины толщиной $t = 5$ мм шириной $b = 60$ мм или круглые стержни диаметром $d = 20$ мм с одним заостренным концом, вбиваемые в полистиролбетон на глубину 250 мм.

Количество и распределение крепежных элементов определяется на основе формул (6.29 и 6.32) "Рекомендаций по проектированию..." из выражения

$$N < \frac{R_b b \ell_n}{1/\alpha_v + \ell_3 \varphi / (\alpha_m \cdot \ell)}, \quad (1)$$

где R_b – расчетное сопротивление сжатию (смятию) полистиролбетона, принимаемое в соответствии с ГОСТ Р 51263-99 равным для плотности D250 $R_b = 2,5$ кгс/см² и для плотности D300 $R_b = 3,5$ кгс/см²;

b и ℓ – ширина и глубина заделки штырей в полистиролбетон ($b_n = 6$ см для пластин и $b_k = d = 2$ см для круглых стержней, а $\ell = 25$ см);

n – количество крепежных элементов;

α_v и α_m – коэффициенты, принимаемые по графикам на рис.6.7 "Рекомендаций по проектированию..."

Учитывая, что оконные столярные изделия крепятся к полистиролбетонным элементам без зазора, т.е. $\ell_3 = 0$, то формула (1) принимает вид

$$N < R_b b \ell n \alpha_v. \quad (2)$$

Для определения α_v необходимо найти λ – упругую характеристику крепежного элемента, рассматриваемого как балка на упругом основании

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{K}},$$

где EJ – жесткость элемента крепления, определяемая для крепежной пластины по формуле $EJ = 2,1 \cdot 10^6 bt^3/12 = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 0,5^3/12 = 131250$ кгс·см² и для крепежного круглого штыря по формуле $EJ = 2,1 \cdot 10^6 \pi d^4/64 = 2,1 \cdot 10^6 \pi \cdot 2^4/64 = 1648500$ кгс·см²;

$K = E_b b/300$ – отпорность полистиролбетонного основания штыря,

где E_b – модуль упругости полистиролбетона, принимаемой по ГОСТ Р 51263-99 для полистиролбетона плотностью D250 равным $E_{250} = 3500$ кгс/см² и для плотности D300 – $E_{300} = 5000$ кгс/см².

Для плоских штырей:

$$K_{250}^{пл} = \frac{3500 \cdot 6}{300} = 70 \text{ кгс/см}^2, \quad K_{300}^{пл} = \frac{5000 \cdot 6}{300} = 100 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\lambda_{250}^{пл} = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{K_{250}^{пл}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 131250}{70}} = 9,3 \text{ см}; \quad \frac{\ell}{\lambda_{250}^{пл}} = \frac{25}{9,3} = 2,7,$$

$$\lambda_{300}^{пл} = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{K_{300}^{пл}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 131250}{100}} = 8,51 \text{ см}; \quad \frac{\ell}{\lambda_{300}^{пл}} = \frac{25}{8,51} = 2,94.$$

По графику (рис.6.7 "Рекомендаций") находим $\alpha_{v(250)}^{пл} = 0,16$ и $\alpha_{v(300)}^{пл} = 0,1$:

Для круглых стержней

$$K_{250}^{кр} = \frac{3500 \cdot 2}{300} = 23,33 \text{ кгс/см}^2, \quad K_{300}^{кр} = \frac{5000 \cdot 2}{300} = 33,33 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\lambda_{250}^{кр} = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{K_{250}^{кр}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 1648500}{23,33}} = 23,06 \text{ см}; \quad \frac{\ell}{\lambda_{250}^{кр}} = \frac{25}{23,06} = 1,08,$$

$$\lambda_{300}^{кр} = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{K_{300}^{кр}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 1648500}{33,33}} = 21,01 \text{ см}; \quad \frac{\ell}{\lambda_{300}^{кр}} = \frac{25}{21,01} = 1,2,$$

$$\alpha_{v(250)}^{кр} = 0,245 \text{ и } \alpha_{v(300)}^{кр} = 0,23.$$

Необходимое количество штырей находим исходя из преобразованной формулы (2)

$$n > \frac{N}{R_b \cdot b \cdot \ell \cdot \alpha_v}. \quad (3)$$

Определяем количество плоских штырей с шириной 6 см:

- для крепления в простенках (полистиролбетон D250)

$$n_{в}^{пл} > \frac{74,9}{2,5 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 0,16} = 1,25. \text{ Принимаем 2 штыря};$$

- для крепления в подоконном участке (полистиролбетон D250)

$$n_{r(250)}^{пл} > \frac{146,63}{2,5 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 0,16} = 2,43. \text{ Принимаем 3 штыря};$$

- для крепления в перемычках (полистиролбетон D300)

$$n_{r(300)}^{пл} > \frac{146,63}{3,5 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 0,15} = 1,85. \text{ Принимаем 2 штыря}.$$

Для варианта с круглыми штырями диаметром 20 мм определяем их количество:

- для крепления в простенках (полистиролбетон D250)

$$n_{в}^{кр} > \frac{74,9}{2,5 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 0,245} = 2,44. \text{ Принимаем 3 штыря};$$

- для крепления в подоконном участке (полистиролбетон D250)

$$n_{r(250)}^{кр} > \frac{146,63}{2,5 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 0,245} = 4,79. \text{ Принимаем 5 штырей};$$

- для крепления в перемычку (полистиролбетон D300)

$$n_{r(300)}^{кр} > \frac{146,63}{3,5 \cdot 6 \cdot 25 \cdot 0,23} = 3,64. \text{ Принимаем 4 штыря.}$$

Расстояния между штырями принимается:

- при забивке по 2 плоских штыря в простенки:

$$\text{между штырями} - \ell_{кв}^{пл} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ м и по } \frac{0,75}{2} = 0,375 \text{ м} - \text{от штырей до верха и}$$

низа окна;

- при забивке по 3 круглых штыря в простенки:

$$\text{между штырями} \ell_{кв}^{кр} = \frac{1,5}{3} = 0,5 \text{ м и по } \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ м} - \text{от штырей до верха и низа}$$

окна;

- при забивке 3-х плоских штырей в подоконную часть:

$$\text{между штырями} - \ell_{к(пл)}^{пл} = \frac{2,1}{3} = 0,7 \text{ м и по } \frac{0,7}{2} = 0,35 \text{ м} - \text{от штырей до простен-}$$

ков;

- при забивке 5-ти круглых штыря в подоконную часть:

$$\text{между штырями} \ell_{к(пл)}^{кр} = \frac{2,1}{5} \approx 0,4 \text{ м и по } \frac{2,1 - 4 \cdot 0,4}{2} = 0,25 \text{ м} - \text{от штырей до про-}$$

стенков;

- при забивке 2-х плоских штырей в перемычку:

$$\text{между штырями} - \ell_{к(пер)}^{пл} = \frac{2,1}{2} \approx 1 \text{ м и по } \frac{2,1 - 1}{2} = 0,55 \text{ м} - \text{от штырей до простен-}$$

ков;

- при забивке 4-х круглых штырей в перемычку:

$$\text{между штырями} \ell_{к(пер)}^{кр} = \frac{2,1}{4} \approx 0,5 \text{ м и по } \frac{2,1 - 3 \cdot 0,5}{2} = 0,3 \text{ м} - \text{от штырей до про-}$$

стенков.

Полная длина штырей подбирается из условия: 250 мм + толщина рам и запениваемого зазора между рамой и полистиролбетонными элементами.

Зам. генерального
ВНИИ железобетон

Гл. конструктор



В.И. Мелихов
10.11.05.
Л.Л. Лемьш

В.И. Мелихов

Л.Л. Лемьш