

СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ В ФАСАДНЫХ СИСТЕМАХ С ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

Окончание. Начало в №5 (67), 2008 г.

Расчет на действие ударной волны

В расчете на действие ударной волны используются нагрузки, представленные в СНиП II-11-77* «Защитные сооружения гражданских зданий» и в методических указаниях М. Г. Годжелло «Расчет площади легкобросываемых конструкций для зданий и сооружений взрывоопасных производств».

Для высоты сооружения более 1,5 м динамическая нагрузка на стену определяется по формуле:

$$P_4 = \Delta p + 2,5\Delta p^2(\Delta p + 7,2), \quad (16)$$

где: Δp — давление на фронте ударной волны.

При взрыве горючих газов и жидкостей в среде окислителей понижается создающееся избыточное давление до допустимых нагрузок на ограждающие конструкции (0,05 — 0,15 кг/кв. см) увеличением расчетной площади легкобросываемых конструкций до практически возможных пределов. Ограждающие конструкции делают более прочными и устойчивыми, чем легкобросываемые ослабленные элементы, в том числе и с застекленными проемами. Если не удастся понизить избыточное давление до допустимых нагрузок, то эти конструкции рассчитывают на ударный импульс взрывной волны. Мы же имеем дело с жилым домостроением, где площади легкобросываемых конструкций достаточно для того, чтобы на ограждающую стену пришлось давление не более 0,15 кг/кв. см.

Таким образом, $\Delta p = 0,15$ кг/кв. см.

Для перехода от динамических нагрузок к статическим используем коэффициент $k_{дин} = 1,2$ — при расчете на изгибающий момент, $k_{дин} = 1,32$ — при расчете на поперечную силу.

Тогда:

$$P_4 = 0,15 + 2,5 \cdot 0,15^2 / (0,15 + 7,2) = 0,158 \text{ кг/кв. см};$$

$$P_{расчМ} = 1,2 \cdot 0,158 = 0,19 \text{ кг/кв. см};$$

$$P_{расчQ} = 1,32 \cdot 0,158 = 0,21 \text{ кг/кв. см}.$$



Из уравнений равновесия найдем значения:

- реакции на опорах:

$$R_a = R_b = P \cdot b \cdot \sqrt{2} = 0,21 \cdot 14 \cdot 100\sqrt{2} = 147 \text{ кг},$$

- максимальный момент:

$$M = P \cdot b \cdot l^2 / 8 = (0,19 \cdot 14 \cdot 100^2) / 8 = 3\,325 \text{ кг} \cdot \text{см},$$

- максимальное значение поперечной силы:

$$Q = 147 \text{ кг}.$$

Подставим полученные значения в формулу (7):

$$3\,325 \text{ кг} \cdot \text{см} < 20 \cdot 4 \cdot 4 \cdot (10 - 2) + 3\,600 \cdot 0,126 \cdot (10 - 2) = 12\,589 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Неравенство выполняется.

При расчете на поперечную силу используем формулы (12) и (13):

$$z = 10 - 2 = 8 \text{ см};$$

$$147 \text{ кг} < 2,5 \cdot 14 \cdot 8 = 280 \text{ кг}.$$

Неравенство выполняется, следовательно, установка поперечной арматуры не требуется.

Армирование кирпичной стенки выполняется конструктивно в виде сетки с ячейкой 8x8 см арматурой А1, диаметр продольной и поперечной арматуры — 3 мм.

Прочностные расчеты системы

Прочностные расчеты включают проверку прочности и деформаций металлических профилей, анкерных болтов и деталей, несущих нагрузки от их собственной массы, массы облицовочных плит, утеплителя и от давления ветра, креплений к основным несущим конструкциям здания.

Физико-механические характеристики материалов профилей, их соединений и крепежных элементов следует принимать по СНиП II-23-81*.

Нагрузки от собственной массы облицовочных плит и утеплителя принимаются по паспортным данным предприятий-изготовителей. Временные нагрузки от ветра принимаются по СНиП 2.01.07-85, в данном случае для II-го ветрового района Санкт-Петербурга.

Усилия — изгибающие моменты, поперечные и продольные силы; прогибы определяются с использованием основных положений сопротивления материалов и строительной механики. Коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f , а также единый коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 0,95$ принимаются по СНиП 2.01.07-85.

Характеристики материалов

Расчетные сопротивления стальных профилей (МПа) на растяжение, сжатие и изгиб $R_y = 230$; на сдвиг $R_s = 133$; на смятие $R_{ip} = 175$; модуль упругости $E = 21 \cdot 10^4$. Коэффициент условий работы $\gamma_c = 1$.

Расчетные сопротивления стальных болтов и заклепок (МПа) на растяжение $R_{bt} = 170$; на срез $R_{bs} = 150$. Коэффициент условий работы $\gamma_b = 0,8$.

Тип, конструкция и допускаемое усилие на 1 болт с дюбелем подбираются по каталогам фирм с учетом материала и состояния стены.

В качестве утеплителя применяются минераловатные плиты плотностью $\gamma = 90$ кг/куб. м, толщиной $\delta = 180$ мм.

Расчетные схемы и нагрузки

Направления координатных осей приняты следующие:

- ось x — горизонтальная в плоскости стены;
- ось y — горизонтальная по нормали к стене;
- ось z — вертикальная в плоскости стены.

Болтовые соединения профилей к перекрытиям рассчитываются на действие усилий среза от вертикальных нагрузок.

Горизонтальные нагрузки от ветрового давления приняты условно для высоты $H = 80$ м (25-этажное здание); нормативное значение ветрового давления для II-го ветрового района $w_0 = 0,3$ кПа;

коэффициент «К» для зданий высотой 80 м, для типа местности «В» $K = 1,45$; коэффициент $\gamma_p = 1,3$, учитывающий пульсационную составляющую ветровой нагрузки, и коэффициент $\gamma_m = 1,2$ увеличения средней величины ветрового давления.

Нормативная ветровая нагрузка $q_v^n = w^n = 0,3 \cdot 1,45 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 0,68 \text{ кПа} = 680 \text{ Н/кв. м}$. Расчетная нагрузка при коэффициенте надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,4$: $q_v = 680 \cdot 1,4 = 952 \text{ Н/кв. м}$.

Расчет вертикального профиля

Расчет вертикального профиля производился с помощью программного комплекса SCAD 11.1.

Общие характеристики:

- группа конструкции — 2;
- сталь — С345К, лист 4 – 10 мм;
- расчетное сопротивление стали — $R_y = 3,4 \text{ Т/кв. см}$;
- коэффициент условий работы — 1;
- коэффициент надежности по ответственности — 0,95;
- предельная гибкость для сжатых элементов — 210 – 60 α ;
- предельная гибкость для растянутых элементов — 400;
- высота стойки — 3 м;
- коэффициент расчетной длины — 1.

Загружения

Загружение	Тип	N	M ₁	V ₁	M ₂	V ₂	q
		Т	Т·м	Т	Т·м	Т	Т/м
1	Ветровое	0,0	0,0	-0,1425	0,0	0,1425	0,095

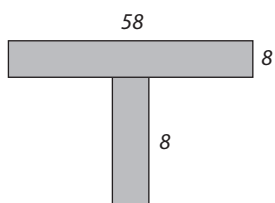
Результаты расчета

Проверено по СНиП	Фактор	Коэффициент использования
п. 5.12	прочность при действии изгибающего момента M_y	0,580041
пп. 5.12, 5.18	прочность при действии поперечной силы V_z	0,0961997
пп. 5.24, 5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,580041
п. 5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,580041
пп. 6.15, 6.16	предельная гибкость в плоскости X_oY	0,459208
пп. 6.15, 6.16	предельная гибкость в плоскости X_oZ	0,650604

Коэффициент использования 0,650 604 — предельная гибкость в плоскости X_oZ .

Результат подбора эквивалентного сечения

Подобранное сечение выглядит следующим образом:



Параметр	Единицы измерения	Замена
A	см ²	6,88
I _u	см ⁴	13,127
I _v	см ⁴	6,606
W _{u+}	см ³	4,527
W _{u-}	см ³	4,527
W _{v+}	см ³	2,527
W _{v-}	см ³	6,699

Рис. 1. Сечение вертикального профиля

Проверка жесткости вертикального профиля

Проверяется прогиб по нормали к стене, от действия нормативной ветровой нагрузки $p^n = 0,068 \text{ т/м} = 680 \text{ Н/м}$, с изгибающим моментом $M_r^n = 0,0765 \text{ т} \cdot \text{м} = 765 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$.

По формулам строительной механики определяем значение f:

$$f = \frac{I_z^2}{EJ} \left(\frac{5}{384} \cdot p_y^n \cdot l_z^2 - \frac{M_r^n}{16} \right) \cdot \gamma_n = \frac{3000^2}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 13,13 \cdot 10^4} \left(\frac{5}{384} \cdot 0,68 \cdot 3000^2 - \frac{765 \cdot 10^3}{16} \right) \cdot 0,95 = 9,9 \text{ мм};$$

$f = 9,9 \text{ мм}$, что меньше предельно допустимой величины горизонтального прогиба $[f] = 1/200 = 3000/200 = 15 \text{ мм}$; жесткость профиля достаточна.



Расчет кронштейна (геометрические характеристики приопорных сечений)

Кронштейн представляет собой металлическую пластину шириной 100 мм, толщиной 3 мм, размером по горизонтальной оси в 24 см.

$$b = 100 \text{ мм}; t = \delta = 3 \text{ мм}; A = b \cdot \delta = 100 \cdot 3 = 300 \text{ мм}^2; J = 100 \cdot 3^3 / 12 = 225 \text{ мм}^4; W = 100 \cdot 3^2 / 6 = 150 \text{ мм}^3; S = 100 \cdot 1,5^2 / 2 = 113 \text{ мм}^3.$$

Вертикальное расчетное усилие, создаваемое весом утеплителя $N_z = 9,7 \text{ кг}$. Изгибающий момент: $M = 3 420 \text{ Н} \cdot \text{мм}$. Максимальная поперечная сила $Q_z = 75,0 \text{ Н}$.

Проверка прочности приопорных сечений кронштейна на растяжение (сжатие) с изгибом производится по формуле $(M/W) \cdot \gamma_n \leq R \cdot \gamma_c$

$$(3 420 / 150) \cdot 0,95 = 22,7 \text{ МПа} < 120 \text{ МПа}.$$

Прочность на растяжение (сжатие) с изгибом обеспечивается.

Проверка прочности кронштейна на сдвиг (срез) ее осуществляют по формуле:

$$\tau_z = \frac{Q_z \cdot S}{J \cdot t} \cdot \gamma_n \leq R_s \cdot \gamma_c \text{ от вертикальной нагрузки}$$

$$(75,0 \cdot 113 \cdot 0,95) / (225 \cdot 3) = 11,9 \text{ МПа} < 75 \text{ МПа}.$$

Прочность на сдвиг (срез) обеспечивается.

Расчет крепления профиля к перекрытию

Крепление производится одним стальным болтом $\varnothing 12 \text{ мм}$ с расчетным диаметром 9,7 мм и расчетной площадью сечения $A_n = 73,9 \text{ мм}^2$; $W_n = \pi r^3 / 4 = 0,785 \cdot 4,85^3 = 89,6 \text{ мм}^3$. Расчетные сопротивления — $N_y = 0,102 \text{ т} = 1020 \text{ Н}$.

Этот расчет ведут по формуле: $\left(\frac{N_y}{A_n} + \frac{M}{W_n} \right) \cdot \gamma_n \leq R_{вт} \cdot \gamma_w$

$$\left(\frac{1020}{73,9} \right) \cdot 0,95 = 13,1 \text{ МПа} < 170 \cdot 0,8 = 136 \text{ МПа};$$

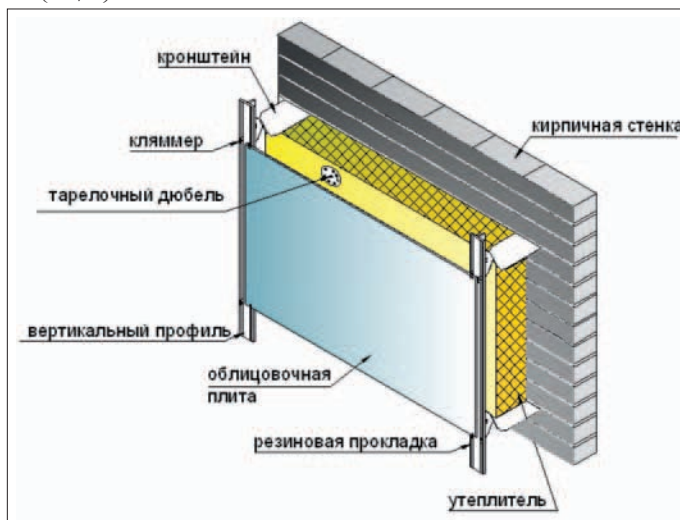


Рис. 2. Аксонометрический вид разрабатываемой конструкции

По формуле $Q_z \cdot \gamma_{np} \leq R_{bs} \cdot \gamma_B \cdot A_n = N_B$;
 $71,2 \cdot 0,95 = 68 \text{ Н} < 150 \cdot 0,8 \cdot 73,9 = 8868 \text{ Н}$;

Прочность болтов на срез обеспечивается.

В результате всего изложенного можно сделать следующие выводы.

В ходе исследования доказано, что совместное действие частей разрабатываемой конструкции обеспечивает необходимую прочность по I и II предельному состоянию; уменьшение толщины кирпичной стены существенно не влияет на теплотехнические характеристики конструкции в целом. Аксонометрический вид конструкции представлен на рисунке 2.

Уменьшение толщины кирпичной стенки приводит к снижению общей стоимости материалов, затрат на производство СМР, что, ввиду изменения объемов работ, ведет к уменьшению сроков выполнения работ, а также увеличению полезной площади здания.

Варьируя численные значения основных показателей объекта исследования, можно анализировать экономическую целесообразность совокупности основных параметров, не превышающих предельные значения, оговариваемые нормами и правилами РФ, включенных в тепломеханическую и конструктивную часть.

Экономия на стоимости материалов и СМР при переходе толщины стенки в один кирпич на стенку в полкирпича на 1 кв. м площади фасада составляет 688 руб. На 1 погонный метр периметра

здания одного этажа (при средней высоте этажа 3 м) эта сумма составляет $688 \times 3 = 2064$ руб.

Увеличение общей площади помещения вдоль фасада составляет 0,13 м на погонный метр. При средней стоимости 1 кв. м жилья 68 500 руб. увеличение площади приносит $0,13 \times 68\,500 = 8\,905$ руб. Итого экономический эффект, приходящийся на 1 погонный метр периметра здания, составляет $2064 + 8\,905 = 10\,969$ руб. При среднем соотношении периметра к общей площади здания в численном значении 1 м: 8 кв. м экономический эффект на 1 кв. м общей площади составит 1 371 руб., что составляет 2 % средней стоимости 1 кв. м. ●

Н. И. ВАТИН, д. т. н., проф., зав. кафедрой инженерно-строительного факультета ГОУ СПб ГПУ;
И. С. ГОЛУБ, ген. директор ЗАО «Павловский завод строительных материалов»;
Н. Ю. НЕЧАЕВА, инженер ГОУ СПб ГПУ

Литература

1. Машенков А. Н., Чебурканова Е. В., Ершов В. А., Щедров А. В. «Тепловлажностный расчет фасадных систем с воздушным зазором: Метод указания». Н. Новгород, 2005 г.

2. «Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий». М, 2002 г.

Новости

В ПОСЕЛКЕ Токсово Всеволожского района Ленинградской области на участках площадью от 12 до 25 соток планируется построить дома из клееного бруса площадью от 192 до 400 кв. м. Коттеджи будут построены по 6 проектам, разработанным архитекторами компании «HAUS-KONZEPT Содружество» специально для этого комплекса. Участки расположены в удивительно красивом месте — на Северном Склоне, в самом центре Токсова,

откуда открывается прекрасный вид на живописный природный ландшафт и большое озеро. Автоматизированное производство домов из клееного бруса компания «HAUS-KONZEPT Содружество» начала в августе 2007 г. Благодаря индустриальному подходу к деревянному домостроению дома из клееного бруса сочетают в себе все лучшие качества древесины, такие, как экологичность, эстетичность, высокое качество поверхностей.



Информационно-выставочный комплекс ПЕТЕРБУРГСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩАЯ ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ
 ПРИГЛАШАЕТ ПОСЕТИТЬ СВОЮ ЭКСПОЗИЦИЮ,
 где можно получить профессиональную бесплатную консультацию
 о различных строительных материалах, товарах, новинках

Квалифицированные менеджеры выставки:

- помогут подобрать полный ассортимент строительных материалов для комплектации объекта;
- подскажут телефоны и адреса производителей и поставщиков;
- сообщат информацию о строительных технологиях и оборудовании;
- обеспечат информацией о предстоящих выставках Петербурга и предложат пригласительные билеты.

НАШ АДРЕС:

Россия, 197342,
 Санкт-Петербург,
 ул. Торжковская, д. 5,
 Тел./факс: +7 (812) 324-99-97,
 +7 (812) 496-52-14,
 +7 (812) 496-52-15,
 +7 (812) 496-52-16,
 infstroy@list.ru www.infstroy.ru

Выставка открыта по рабочим дням с 10-18 часов