

$$y = \frac{T_A}{2 \cdot q} \left( e^{\frac{(x+C^*) \cdot q}{T_A}} - e^{-\frac{(x+C^*) \cdot q}{T_A}} \right) - C^{**}, \quad (1)$$

где  $y, x$  – координаты кривой провисания нити;

$\dot{O}_A$  – начальное натяжение в точке А;

$q$  – погонная нагрузка собственного веса нити;

$e$  – основание натурального логарифма;

$C^*, C^{**}$  – константы интегрирования, определяемые из начальных условий.

Используя начальные условия  $y(\delta = 0) = 0, y(\delta = L) = H$

Из совместного решения двух уравнений (1) получены значения

произвольных постоянных  $C^* = 75.35, C^{**} = 82.68$

Длина кривой провисания вычислена по формуле:

$$S = \int_0^x \sqrt{\left( 1 + \left( \frac{d}{dx} \left( \frac{T_A}{2 \cdot q} \cdot \left( e^{\frac{(x+C^*) \cdot q}{T_A}} - e^{-\frac{(x+C^*) \cdot q}{T_A}} \right) - C^{**} \right) \right)^2 \right) dx}, \quad (2)$$

а ее численное значение составило  $S = 72.17 \text{ м}$ .

Расчет длины провисания гибкой нити по формулам (1), (2) требует определения констант интегрирования из совместного решения уравнений, что несколько громоздко.

Также выполнен расчет по приближенным формулам.

Определим распор:

$$H^A = \left( T_A + \frac{q \cdot L \cdot \sin \alpha}{2} - \frac{q^2 \cdot L^2 \cdot \cos^2 \alpha}{8 \cdot T_A} \right) \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

Для исходных данных, вычислено значение распора  $H = 96.54 \text{ см}$

Длина нити вычислена по формуле:

$$S = \frac{L}{\cos \alpha} + \frac{q^2 \cdot L^3 \cdot \cos^3 \alpha}{24 \cdot H^A} \quad (4)$$

а ее численное значение составило  $S = 72.22 \text{ м}$ .

Также проведен ряд расчетов для других исходных данных. Результаты вычислений приведены в таблице 1. Расчет по приближенным формулам менее трудоемок, погрешность расчетов минимальна.

Таблица 1

Проекция на ось x, м	Проекция на ось y, м	Нагрузка q, кг/м	Усилие натяжения Ta, кг	Длина нити по формуле (2)	Длина нити по формуле (4)	Погрешность %
L, м	H, м	q, кг/м	Ta, кг	e (2)	e (4)	

				Сточн, м	Сприбл, м	
10	15	0.5	50	18.07	18.03	0.2
20	30	1	100	36.11	36.07	0.1
40	60	1.5	150	72.17	72.22	0.1
60	90	2	200	108.40	108.49	0.1
80	120	2.5	250	144.69	144.91	0.15
100	150	3	300	181.12	181.50	0.2

Сравнивая полученные результаты, очевидно, что значения длины нити рассчитанной по формулам (2) и (4) дают близкие значения, погрешность составляет не более 0.2%. В ходе дальнейших вычислений, для определения длины нити рационально использовать формулы (3), (4).

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ЦНИИСК имени В.А. Кучеренко Устойчивость мачт на оттяжках. М.:Стройиздат, 1964. – 112 с.
2. Яровой Ю.Н., Мозговой А.А., Донцов А.И., Яровой С.Н., Попов В.В. Постановка задачи оценки напряженно-деформированного состояния металлических дымовых труб с оттяжками / Новини науки Придніпров'я. Вип.4.-ПДАБА, 2004. – С. 91-94

### УДК 624.012

### НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ ЖИЛЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

\*к.т.н. Яровой С.Н., асп. Горовый А.И. \*,

инж. Дорофеев Е.Ю. \*\*, Сорокин А.Б. к.т.н., доц. \*\*\*

\*ЗАО Проектный и научно-исследовательский институт «Харьковский Промстройинипроект», \*\*НПК «Спецгеопарк»,

\*\*\*Кузбасский государственный политехнический университет

За последний год сотрудниками института «Харьковский Промстройинипроект» и НПК «Спецгеопарк» г. Москва были выполнены несколько работ по исследованию несущей способности элементов крепления навесных фасадов к жилым и гражданским зданиям. Были исследованы крепления навесных фасадов на трех зданиях г. Харькова (13-ти этажном жилом здании «Восток-запад» по ул. Данилевского, 8-ми этажном «Офисном центре» по ул. Бакулина, 12-ти этажной гостинице «Глория» по ул. Плехановской) и одном здании в г. Дзержинске, Нижегородской области (5-ти этажная гостиница «Дружба»). Целью работ являлась оценка технического состояния несущих металлических конструкций фасадных систем с облицовкой из керамогранита, определение несущей способности металлических консолей крепления к стенам из различных строительных материалов. В статье представлены экспериментальные данные о несущей способности узлов сопряжения алюминиевых конструкций фасадных систем и

их крепления к наружным стенам из различных материалов и различной толщины стен.

Тринадцатизэтажное жилое здание «Восток - Запад» по ул.Данилевского, 19 в г. Харькове представляет собой два сблокированных корпуса овальной формы в плане с размерами 35.72м x21.031м (большая и малая оси) каждый (см. рис. 1).



Рис. 1. Жилое здание «Восток-Запад» по ул. Данилевского в г.Харькове

Несущие конструкции корпусов выполнены в полном монолитном железобетонном каркасе (колонны и междуэтажные перекрытия) наружные стены из пустотелого керамического кирпича марки М100 на цементном растворе марки М50, толщиной 250мм.

Навесной фасад здания - из керамогранитных плит. Крепление навесных плит фасада осуществляется клямерами к вертикальным направляющим из алюминиевого “Т” профиля 80x50x2мм, расположенным с шагом 600мм и 1200мм по горизонтали. Вертикальные направляющие с помощью болтов соединяются с алюминиевыми консолями, закрепленными к кирпичной стене здания анкерами. Шаг консолей по вертикали 1300мм.

Для определения несущей способности и жесткости (деформативности) заклепочных соединений крепления клямеров навесного фасада к вертикальным несущим элементам таврового сечения были испытаны две партии образцов:

- три образца крепления на слепых алюминиевых заклепках  $\varnothing 5\text{мм}$ ;
- три образца крепления на слепых заклепках  $\varnothing 5\text{мм}$  из нержавеющей стали.

Испытания проводились на универсальная испытательная машина LOUIS SCHOPPER со шкалой 1.0тс.

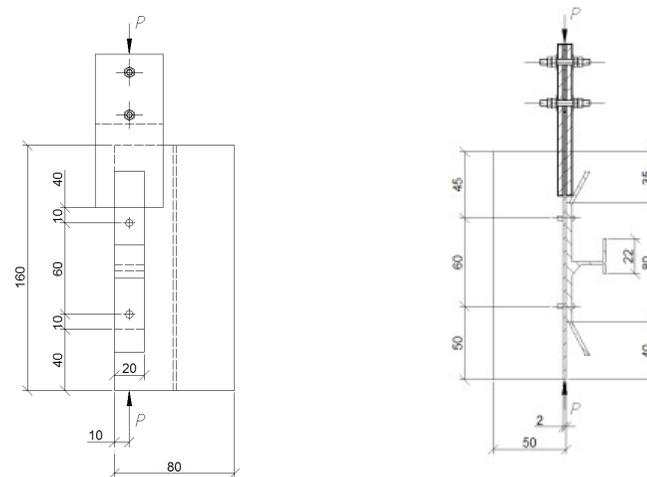


Рис.2.Схема испытания образцов

В каждой партии два образца представляли крепление промежуточных клямеров и один образец – крепление конечных (нижнего и верхнего) клямеров.

Крепление клямеров к вертикальным направляющим осуществлялось двумя заклепками.

При испытании заклепочного соединения на алюминиевых заклепках на срез разрушающая нагрузка составила минимум 280кгс, т.е. 140кг на одну заклепку.

Расчетное усилие на одну заклепку, определенное по результатам испытаний с учетом понижающего коэффициента условий работы  $\gamma_3=0.8$  составило  $N^{\text{расч}}=112\text{кгс}$ .

Расчетная несущая способность заклепочного соединения клямера с вертикальной направляющей на срез составляет  $P_p=224.0\text{кгс}$ .

При испытании заклепочного соединения на слепых заклепках из нержавеющей стали  $\varnothing 5\text{мм}$  на срез разрушение одного образца произошло вследствие потери устойчивости части полки тавра, выдергивании заклепок из отверстия и смятие металла полки тавра при нагрузке 700.0кгс.

Разрушение других образцов также произошло вследствие потери устойчивости части полки тавра и начала выдергивания верхней заклепки из полки тавра при нагрузке 400.0кгс. Смятие металла полки тавра при этом не наблюдалось.

Таким образом, расчетная несущая способность узла соединения клямера с вертикальной направляющей на слепых заклепках  $\varnothing 5\text{мм}$  из нержавеющей стали с учетом понижающего коэффициента условий работы  $\gamma_3=0.8$  составила  $P^{\text{расч}}=320\text{кгс}$ .

Для определения несущей способности и жесткости (деформативности) узла соединения вертикальной направляющей с консолью были испытаны два образца.

Вертикальный направляющий элемент – тавр  $b=80\text{мм}$ ,  $h=50\text{мм}$ ,  $\delta=2.0\text{мм}$ , консоль – уголок  $80\times 40\times 4.0\text{мм}$ , соединение элементов между собой с помощью одного болта  $\phi 6\text{мм}$  из нержавеющей стали. Материал элементов – алюминий марки АД 31Т5.

Разрушение образцов болтового соединения вертикальной направляющей с консолью произошло вследствие потери устойчивости стенки тавра под нагрузкой. Начало потери устойчивости стенки тавра у одного образца наблюдалась при нагрузке  $P=330\text{кгс}$  (стенка тавра изначально была деформирована), у другого образца – под нагрузкой  $400\text{кгс}$ .

Осмотр образцов после испытаний показал: болтовое соединение плотное, смещение элементов между собой не наблюдается, смятие металла стенки тавра и уголка отсутствует, затяжка болта не ослаблена.

По результатам испытаний можно сделать вывод: одноболтовое соединение вертикальной направляющей с консолью способно воспринимать сдвигающие нагрузки не менее  $400.0\text{кгс}$  без нарушения прочности и деформативности узла.

Испытания на выдергивание были подвергнуты 4 типа анкеров из металлических шурупов, завинченных в дюбели пластмассовые из полиамида или пропилена, установленные в просверленные отверстия в стене из пустотелого керамического кирпича. Толщина стены –  $250\text{мм}$ .

Испытания проводились на строительной площадке с помощью гидравлического пресс-насоса системы И. В. Вольфа.

Характер разрушения всех испытанных образцов был одинаков, при достижении разрушающей нагрузки наблюдалось выдергивание пластмассового дюбеля вместе с шурупом из отверстия в кирпичной кладке стены. При этом выдергивающая нагрузка оставалась постоянной.

Анализ результатов испытаний показал, что наиболее низкой несущей способностью обладает анкер, для которого предельное значение расчетной выдергивающей нагрузки не превышает  $R_{расч}=36.0\text{ кгс}$ .

Стабильные результаты показали испытания анкеров №3 и №4, для которых предельное значение расчетной выдергивающей нагрузки составляет  $R_{расч}=448.0\text{кгс}$ . Наибольшей несущей способностью обладает анкер №1 ( $R_{расч}=540.0\text{кгс}$ ), однако его применение представляется нецелесообразным ввиду большой материалоемкости, чем у анкеров №3 и №4.

Восьмиэтажное здание "Офисного Центра" по ул. Бакулина, 4 в г. Харькове прямоугольной формы в плане, выполнено в монолитном железобетонном каркасе (колонны и перекрытия).

Наружные стены здания выполнены из пеносиликатных блоков толщиной  $300\text{мм}$  на цементном растворе.

Навесной фасад здания из алюминиевых кассет "Alcan", закрепленных к вертикальным элементам из уголков  $45\times 45\times 2.0\text{мм}$  или таврам  $b=80.0\text{мм}$ ,  $h=50$ ,  $\delta=2.0\text{мм}$ .

Несущие вертикальные элементы навесного фасада крепятся на монтаже к алюминиевым консолям с помощью 4-х алюминиевых заклепок  $\phi 4.0\text{мм}$ .

В пределах каждого этажа алюминиевые консоли крепятся с помощью анкерных болтов к балкам междуэтажного перекрытия и в трех уровнях с шагом  $1.0\text{м}$  по вертикали турбовинтами  $\phi 7.5\times 152\text{мм}$  в дюбели пластмассовые из полиамида или полипропилена марок NT, NTx-k, NTS,NTW, устанавливаемые в наружные стеновые блоки из пеносиликата.

Для определения несущей способности заклепочных соединений крепления вертикальных элементов навесного фасада к алюминиевым консолям были испытаны 2 образца: вертикальный элемент из равнобокого уголка  $45\times 45\times 2.0\text{мм}$ , вертикальный элемент из тавра  $b=80.0\text{мм}$ ,  $h=50$ ,  $\delta=2.0\text{мм}$ .

Материал элементов – алюминий марки АД 31Т5, марка материала алюминиевых заклепок неизвестна.

Крепление вертикальных элементов к консолям выполнена с помощью 4-х слепых заклепок  $\phi 4.0\text{мм}$ , установленных в отверстия  $\phi 4.1\text{мм}$ , просверленные вручную без применения кондукторов.

При испытании заклепочного соединения на срез минимальное разрушающее усилие составило  $420\text{кгс}$ , т.е.  $105\text{кгс}$  на одну заклепку.

Расчетное усилие на одну заклепку  $N_{rs}^{расч}=84.0\text{кгс}$

Площадь поперечного сечения одной слепой заклепки  $A=0.0942\text{см}^2$

Расчетное сопротивление срезу  $R_{rs}=891.72\text{кгс/см}^2$

Испытанию на выдергивание были подвергнуты 3 образца анкеров из турбовинтов  $7.5\times 152.0\text{мм}$ , завинченных в дюбели пластмассовые из полиамида или полипропилена, установленные в просверленные в блоках из пеносиликата отверстия. Длина дюбеля  $120\text{мм}$ ,  $d_{нар}=10\text{мм}$ . Высота турбовинтов выше поверхности блоков составила  $20\text{мм}$ , т.е. турбовинты были завинчены в дюбели на всю его длину.

Испытания проводились на строительной площадке с помощью гидравлического пресс-насоса системы И.В. Вольфа.

Характер разрушения всех испытанных образцов был одинаков, при достижении разрушающей нагрузки наблюдалось выдергивание пластмассового дюбеля вместе с турбовинтом из стенового блока, при этом выдергивающая нагрузка оставалась постоянной.

Анализ результатов испытаний анкеров показал, что среднее значение выдергивающей нагрузки составляет  $20.0\text{кгс}$ , максимальное значение в  $30.0\text{кгс}$  отбрасываем, т.к. его значение превышает 30% от результатов двух других испытаний, дающих меньший разброс опытных данных.

Прочности пеносиликата блоков наружных стен здания определялась ударно-импульсным методом (1).

Прочность материала блоков определялась с помощью прибора "Оникс-2.5".

По результатам испытаний можно сделать вывод, что материал блоков – пеносиликат соответствует ячеистым автоклавным бетонам по прочности на сжатие класса В 2.5.

На основании результатов испытаний анкеров на выдергивание, заделанных в пеносиликатные блоки, среднее значение предельной

выдергивающей нагрузки на один анкер с учетом минимального коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma = 0.9$  может составить не более

$$N_{\text{выд}}^{\text{расч}} = 20 \times 0.9 = 18.0 \text{ кгс}$$

В соответствии с п. 2.5 СНИП 2.03.01-84\* «Бетонные и железобетонные конструкции» в качестве несущих конструкций не допускать применение легких бетонов класса по прочности ниже В3.5 (в нашем случае В2.5), а для конструкций, рассчитываемых на воздействие многократно повторяющиеся нагрузки – не ниже В15.

Таким образом, крепление конструкций навесного фасада здания следует осуществлять к несущим железобетонным элементам каркаса здания (например, к перекрытиям), обеспечив надежность и эксплуатационную пригодность вертикальных элементов, консолей и анкеров крепления.

Двенадцатизэтажное здание гостиницы «Глория» по ул. Плехановской, 57 - прямоугольной в плане формы с размерами 17.20x18.00м.

Наружные и внутренние несущие стены здания сложены из силикатного модульного кирпича на цементном растворе. Толщина наружных стен 1-3 этажей 770мм, 4-6 этажей 640мм, 7-12 и технического этажа 510мм. Стены и простенки армированы через четыре ряда стальной сеткой. На отм. 9.26, 17.66, 20.06 и 34.46м по наружным и внутренним несущим стенам устроен монолитный железобетонный пояс.

Конструкция навесного фасада состоит из консолей (опорный столик из уголка 100x150мм, толщиной 2.0мм), крепящихся к стене здания двумя анкерами, прогонов из уголка 50x50мм длиной 1.0м, устанавливаемых горизонтально и закрепленных к консолям с помощью саморезов. Шаг консолей по вертикали определяется расчетом при принятом их шаге по горизонтали 600мм.

Конструкция витражной системы выполняется из серии профилей ALDOM MIRROR и стекла толщиной 6.0мм.

Стойки витражной системы крепятся двумя болтами к стальным консолям, закрепленным к наружным стенам здания или к плитам балконов. Шаг стоек по горизонтали переменный от 1188мм до 1333мм.

На действие расчетных значений эксплуатационной ветровой нагрузки, предельного расчетного значения ветровой нагрузки и нагрузок от собственного веса конструкций навесного фасада была выполнена проверка прочности и деформативности узлов крепления консолей к кирпичной стене из уголка 100x150x2, длиной 100мм.к стене осуществляется с помощью двух анкеров, расположенных вертикально с расстоянием 100мм между ними. Шаг крепления консолей к стене по вертикали 1400мм, по горизонтали – 600мм. Выполненная проверка показала, что максимальное расчетное значение выдергивающей нагрузки составляет  $N_{\text{анк}} = 207.76 \text{ кгс}$ .

Проведенные испытания анкеров на выдергивание показали, что предельное расчетное значение выдергивающей нагрузки составляет 456.0кгс. В качестве анкеров были использованы дюбели пластмассовые (без маркировки) дюбель  $\varnothing 10 \text{ мм}$ , длиной 80мм, шуруп  $\varnothing 7.0 \text{ мм}$  x 92мм.

Таким образом, несущая способность и жесткость испытанных анкеров достаточна для восприятия расчетных усилий в узлах крепления консолей к стене здания при применении анкеров аналогичным испытанным.

5-ти этажная гостиница «Дружба» по пл. Дзержинского в г. Дзержинске, Нижегородской обл. построена в 70-тые годы XX столетия.

Гостиница «Дружба» на пл. Дзержинского в г. Дзержинске представляет собой 5-ти этажное здание с техническим этажом и подвалом, прямоугольной формы в плане, размером 70.40x12.00м.

Наружные стены гостиницы выполнены из силикатного кирпича на цементном растворе. Толщина стен – 510мм.

На фасаде гостиницы со стороны площади предполагается устройство навесного вентилируемого фасада с облицовкой из керамогранита.

Для определения несущей способности анкеров, при помощи которых фасадная система крепится к кирпичным стенам, было произведено натурное испытание анкеров на выдергивание кратковременной статической нагрузкой. Были испытаны два типа анкеров с дюбелями.

Испытания проводились с помощью гидравлического пресс-насоса системы И.В. Вольфа.

Расчетное значение выдергивающей нагрузки для анкера А1  $R_{\text{расч}} = 568.0 \text{ кгс}$ , расчетное значение выдергивающей нагрузки для анкера А2  $R_{\text{расч}} = 522.8 \text{ кгс}$ .

Крепление навесного фасада к кирпичной стене было разрешено при помощи одного шурупа  $\varnothing 8 \text{ мм}$  x 100мм с шестигранной головкой и дюбеля марки МВ  $\varnothing 10 \text{ мм}$ , длиной 100мм, длина распорной части 90мм. Расстояние между анкерами по вертикали не более 1.3м.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 22690-88 .Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
- СНИП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции.

#### РЕФЕРАТЫ

#### СТРОИТЕЛЬСТВО, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 669.31

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНА КАМЫШИ г.СЕВАСТОПОЛЯ / Авраменко Н.Б., Сапронова З.Д. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. №50. - Дн-вск., ПГАСА, 2009.- С.13-18.- табл.2. - Библиогр.:(4 назв.)**

Предложена схема автономного теплоснабжения района Камыши с применением трех типов автономных источников тепла и выполнено несколько вариантов расчета, различающихся числом котельных, местом их