

*Geology / Ed. Olle Selinus. – Uppsala: Geological Survey of Sweden, 2005. – 832 p. 8. Fuge R. and Andrews M.J. (1988). Fluorine in the UK Environment, Environ. Geochem. Health, 10, 96–104. 9. Fuhong R. and Shuquin J. (1988). Distribution and Formation of High-Fluorine Groundwater in China, Environ. Geol. Water Sci., 12, 3–10. 10. Kafri U., Arad A., Halicz L. and Ganor E. (1989). Fluorine Enrichment in Groundwater Recharged Through Loess and Dust Deposits, Southern Israel, J. Hydrol., 110, 373–376. 11. Lavado R.S. and Reinaudi N. (1979). Fluoride in Salt Affected Soils of La Pampa (Republica Argentina), Fluoride, 12, 28–32. 12. Wenzel W.W. and Blum W.E.H. (1992). Fluorine Speciation and Mobility in F-Contaminated Soils, Soil Sci., 153, 357–364. 13. WHO (2004). Guidelines for Drinking-Water Quality. 3rd edition, World Health Organization, Geneva. 14. Wuyi W., Ribang L., Jian'an T., Kunli L., Lisheng Y., Hairong L. and Yonghua L. (2002). Adsorption and Leaching of Fluoride in Soils of China, Fluoride, 35(2), 122–129.*

УДК 692.232

Н.В. Савицкий, А.Н.Зинкевич, А.М. Сопильняк

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г.Днепропетровск

## ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

© Савицкий Н.В., Зинкевич А.Н., Сопильняк А.М., 2010

**Подано інформацію про результати виконання дослідження на міцність та деформативність тришарових огороджуючих залізобетонних стінових панелей.**

**Ключові слова:** тришарова залізобетонна стінова панель, гнучкі в'язі, дослід.

**The article contains information about the results of carrying out of research on durability and deformation of the three-layered reinforce-concrete wall panels.**

**Keywords:** three-layer reinforce-concrete wall panel, flexible connections, research.

В 60–80-х годах жилищная проблема в Украине решалась за счет строительства панельных многоэтажных зданий. Сегодня широко распространено строительство зданий с монолитным каркасом, в которых можно применить индивидуальную планировку и форму здания, но при строительстве таких зданий применяются многочисленные трудоемкие процессы для выполнения ограждающих конструкций с использованием мелкоштучных элементов, которые значительно удорожают строительство. Поэтому возникает необходимость применения промышленных несущих и ограждающих конструкций.

С 1 апреля 2007 года введен новый ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», согласно которым увеличились требования по энергосбережению. Введение новых норм и рост стоимости топливно-энергетических ресурсов дали новый толчок строительной индустрии к созданию и применению энергоэффективных конструкций.

Одним из наиболее перспективных направлений обеспечения современных требований по теплозащите зданий без существенного увеличения материалоемкости, трудозатрат, а главное стоимости, является применение многослойных ограждающих железобетонных панелей с эффективными теплоизоляционными материалами.

В зарубежном опыте уже начиная с 90-х годов XX столетия разрабатывалась нормативная база (ГОСТы, ТУ) на изготовление и применение таких панелей, в частности в России, конструкции которых представлены на рис.1. Современные технологии позволяют изготавливать панели по индивидуальным заказам размерами по длине до 8,0 м и по высоте до 3,2 м.

В нашей стране еще только разрабатывается нормативная база на изготовление и применение трехслойных железобетонных ограждающих панелей с эффективным утеплителем, и пока что известны единичные случаи их применения.

В Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры выполнены исследования прочности, деформативности и трещиностойкости трехслойных ограждающих железобетонных стеновых панелей.

Предложенные стеновые панели являются трехслойными, общей толщиной 250 мм (рис.2). Внутренний несущий слой выполнен из тяжелого бетона класса В25 толщиной 100 мм, наружный слой из тяжелого бетона класса В25 толщиной 70 мм с отделочным слоем. Внутренний слой – эффективный теплоизоляционный материал – плиты пенополистирольные, толщиной 80 мм.

Внутренний и наружный железобетонные слои соединяются гибкими связями, выполненными из нержавеющей стали марки 10 ХНДП.

Конструкции стеновых панелей при эксплуатации воспринимают активное и пассивное ветровое давление, а также нагрузку от собственного веса в пределах двух этажей.

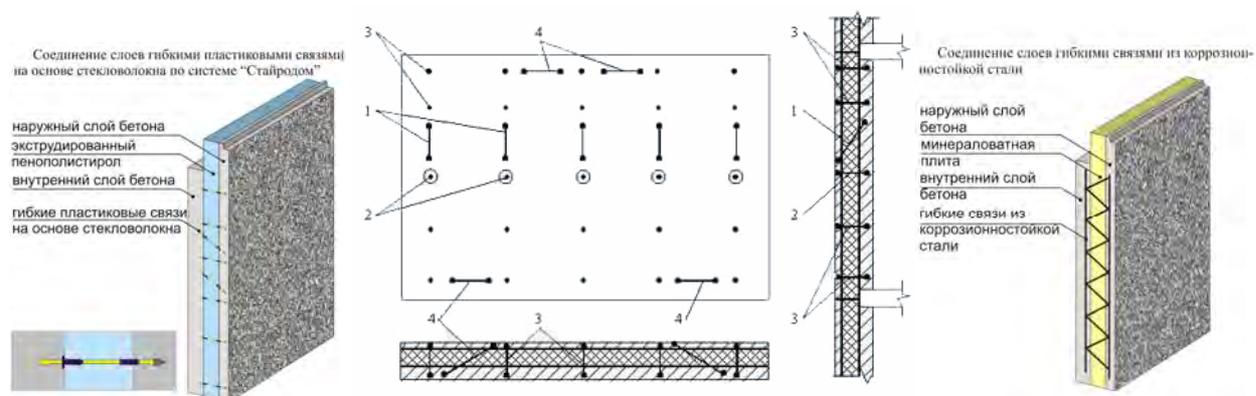


Рис. 1. Конструкции панелей

Схема испытаний принята с учетом замены равномерно распределенной нагрузки эквивалентными нагрузками, создаваемыми сосредоточенными силами. Эквивалентные нагрузки приняты из условия равенства изгибающего момента посередине пролета, создаваемого распределенной и эквивалентной нагрузкой.

Расчетная длина панели при испытаниях  $l = 7200$  мм.



Рис. 2. Общий вид трехслойной стеновой панели

Предварительно был произведен расчет панели на действие внешних усилий. Горизонтальную нагрузку от активного и пассивного ветрового давления воспринимает внутренний несущий железобетонный слой. Опасное сечение – перемычка над оконным проемом.

Погонная нагрузка на половину ширины панели от активного ветрового давления  $q_e = 1,845 \text{ кН/м}$ . Погонная нагрузка на половину ширины панели от пассивного ветрового давления  $q_{e3} = 1,385 \text{ кН/м}$ . Изгибающий момент в опасном сечении перемычки от активного ветрового давления  $M_1 = 11,66 \text{ кНм}$

Изгибающий момент в опасном сечении перемычки от пассивного ветрового давления  $M_2 = 8,75 \text{ кНм}$ .

Проверка прочности нормального сечения внутреннего слоя перемычки показала, что несущая способность нормального сечения стеновой панели в опасном сечении (перемычка над оконным проемом) при раздельной работе слоев не обеспечивается, так как изгибающий момент, воспринимаемый сечением,  $M = 6,28 \text{ кНм} < M_1 = 11,66 \text{ кНм}$ . А при условии совместной работы внутреннего и наружного слоев обеспечивается  $M = 18,9 \text{ кНм} > M_1 = 11,66 \text{ кНм}$ .

Была выполнена проверка гибких связей железобетонной ограждающей трехслойных панелей на устойчивость в программном комплексе Лира.

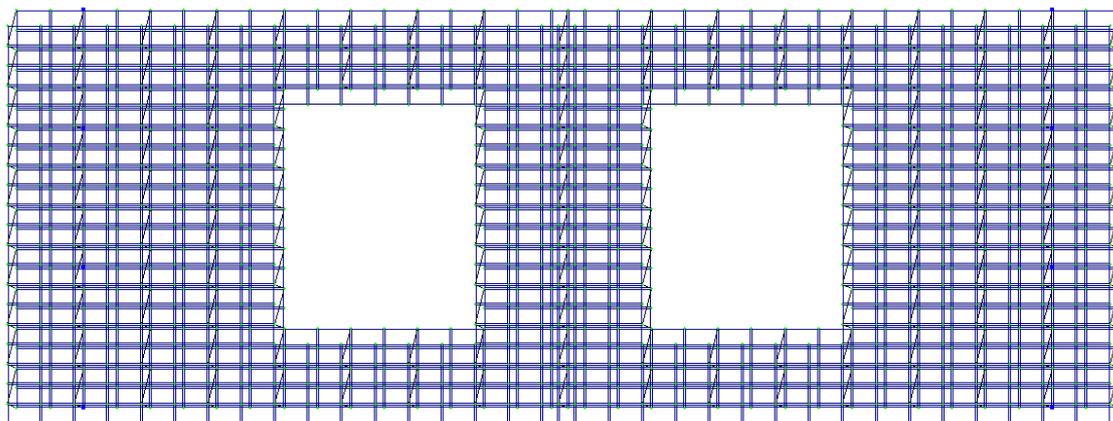


Рис. 3. Общий вид модели панели

К модели панели приложены такие нагрузки:

1. Расчетное значение ветровой нагрузки: активное давление  $P_a = 1.23 \text{ кН/м}^2$ ; пассивное  $P_n = 0.923 \text{ кН/м}^2$ .

2. Вес одной панели, приложенный сверху (к верхнему краю панели соответственно внешний слой верхней панели на внешний слой модели, внутренний к внутреннему)  $F_{внут} = 6,8 \text{ т}$  – вес внутреннего слоя, равномерно распределенный по всей грани модели,  $F_{внеш} = 4,76 \text{ т}$  – вес внешнего слоя, равномерно распределенный по всей грани модели .

3. Собственный вес панели  $F = 11,56 \text{ т}$ .

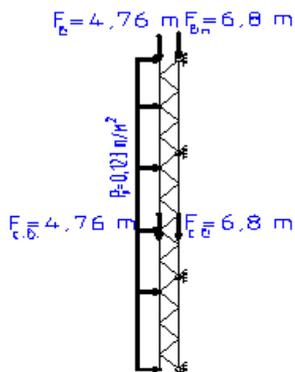


Рис. 4. Схема приложения нагрузок

После выполнения расчета в программном комплексе получены максимальные усилия в гибких связях на сжатие  $N = -0,156 \text{ т}$  и выполнена проверка стержней гибких связей на устойчивость

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{1,56}{0,695 \cdot 0,283} = 7,93 \text{ кН / см}^2 \leq R_y \cdot \gamma_c = 33,5 \cdot 0,8 = 26,8 \text{ кН / см}^2 - \text{условие выполняется.}$$

Максимальный прогиб модели-панели от действия ветрового давления  $P_a = 1.23 \text{ кН/м}^2$  равен  $f = 18 \text{ мм}$ .

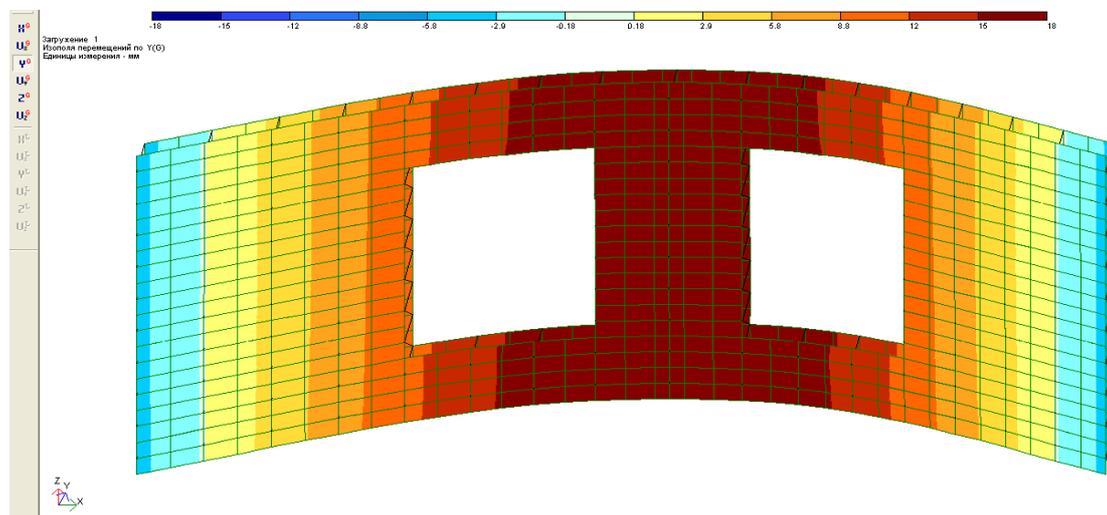


Рис.5. Прогиб модели-панели от действия ветрового давления

После выполнения численно-аналитических расчетов были определены контрольные нагрузки, предельные прогибы и ширина раскрытия трещин и проведены испытания стеновых панелей. Значение предельного прогиба при проверке жесткости стеновых панелей принято  $l/200$  (п. 7.4 ДСТУ Б В.1.2-3:2006), что при пролете  $l = 7200 \text{ мм}$  составляет  $[f] = 36 \text{ мм}$ . Согласно СНиП 2.03.01-84\* рассматриваемые конструкции относятся к третьей категории по трещиностойкости, для которых контрольная ширина раскрытия трещин  $[a_{cr}] = 0.25 \text{ мм}$ . Общая схема приложения нагрузок и установки приборов приведена на рис. 6.

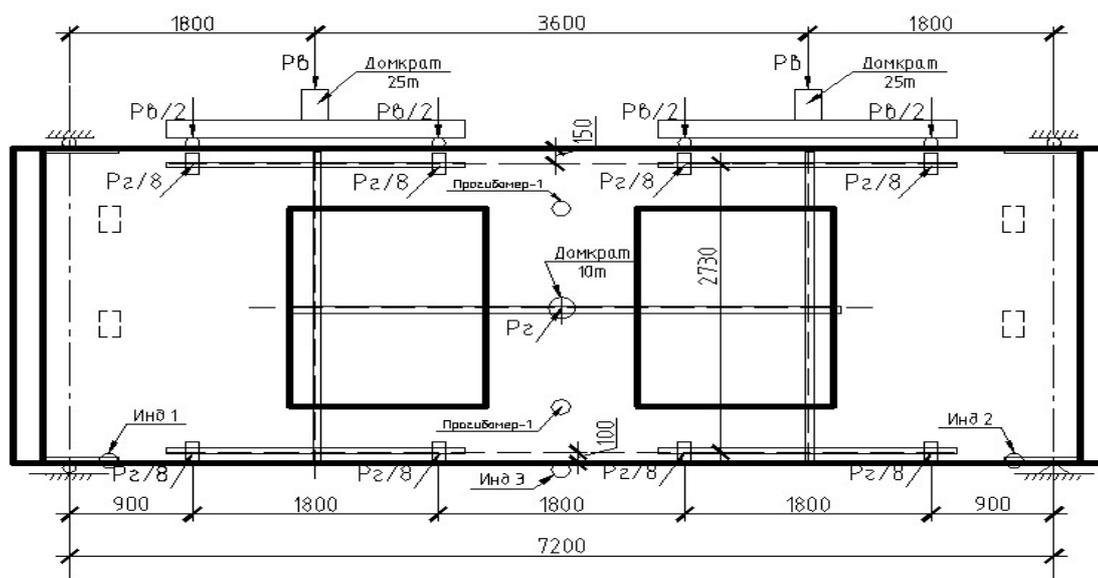


Рис. 6. Общая схема приложения нагрузок и установки приборов при испытании панели

Испытание конструкции производится при приложении сосредоточенных нагрузок, эквивалентных активному ветровому давлению и равномерно распределенной вертикальной нагрузке.

По результатам испытаний фактическая ширина раскрытия трещин при контрольной нагрузке для панели составила  $a_{crс} = 0.1 \text{ мм}$ , что не превышает контрольного значения ширины раскрытия трещин  $[a_{crс}] = 0.25 \text{ мм}$ .

По результатам испытаний фактические значения прогиба при приложении контрольной нагрузки составили: для панели  $f = 7.3 \text{ мм}$ , что не превышает значение предельного прогиба  $[f] = 36 \text{ мм}$ .

**Выводы.** По результатам расчета конструкции стеновой панели установлено, что при совместной работе внутреннего и наружного железобетонных слоев панели прочность нормальных сечений при воздействии активного и пассивного ветрового давления обеспечивается. При расчете на устойчивость гибких связей, обеспечивающих совместную работу железобетонных слоев стеновых панелей, несущая способность обеспечивается. В результате выполненных контрольных испытаний для определения прочности, жесткости и трещиностойкости стеновых панелей фактическая ширина раскрытия трещин, значения прогибов не превышают контрольных значений. Конструкции стеновых панелей по результатам расчета и испытаний обеспечивают требования норм по первой и второй группам предельных состояний.

1. ДБН В.2.6-31:2006. *Конструкції будівель та споруд. Теплова ізоляція будівель.* – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 70 с. 2. Король Е.А. *Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета: Монография.* – М.: Издательство АВС, 2001. – 256 с. 3. Стронгин Н.С., Баулин Д.К. *Легкобетонные конструкции крупнопанельных, жилых домов.* – М.: Стройиздат, 1984. – 184 с. 4. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування.* – К.: Міністерство будівництва, 2007. 5. СНиП 2.03.01-84 *“Бетонные и железобетонные конструкции”.* – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.

УДК 620.19

Н.В. Савицкий, И.Н. Матюшенко, С.Е. Шехоркина, Л.М. Лаухина

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ НА БЕТОН ЗАЩИТНОГО СЛОЯ

© Савицкий Н.В., Матюшенко И.Н., Шехоркина С.Е., Лаухина Л.М., 2010

**Подано інформацію про математичну модель для визначення тиску продуктів корозії арматури на бетон захисного шару.**

**Ключові слова:** довговічність, корозія, арматура, захисний шар бетону.

**The article contains information about the mathematical model for evaluation the reinforcement corrosion products pressure on the concrete cover.**

**Keywords:** durability, corrosion, reinforcement, concrete cover.

Одним из основных критериев проектирования железобетонных конструкций является недопущение коррозии арматуры, в то время как в реальных условиях эксплуатации эти процессы нередко возникают и приводят к снижению долговечности конструкции.