

УДК 691.327:666.973.2

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ
ФРАГМЕНТОВ И МОДЕЛЕЙ ВНУТРЕННИХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ
ИЗ КЕРАМЗИТОПЕРЛИТОБЕТОНА**

**НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ФРАГМЕНТІВ ТА
МОДЕЛЕЙ ВНУТРІШНІХ СТІНОВИХ ПАНЕЛЕЙ З
КЕРАМЗИТОПЕРЛИТОБЕТОНУ**

**BEARING STRENGTH AND DEFORMABILITY OF FRAGMENTS AND
MODELS OF INTERNAL WALL PANELS FROM CERAMSIYOPERLIT
CONCRETE**

Кравченко С.А., к.т.н., доц, Постернак А.А., к.т.н., доц. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Кравченко С.А., к.т.н., доц, Постернак О.О., к.т.н., доц. (Одеська державна академія будівництва та архітектури, г. Одеса)

Kravchenko S.A., candidate of technical sciences, docent, Posternak A.A., candidate of technical sciences, docent. (Odessa state academy of civil engineering and architecture)

Приведены экспериментальные данные и их анализ по оценке несущей способности и деформативности фрагментов внутренних стеновых панелей из керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем

Наведені експериментальні данні та їх аналіз по оцінці несучої здатності та деформативності фрагментів внутрішніх стінових панелей з керамзитоперлитобетону на багатокомпонентному в'язучому.

The use of lightweight concrete is a very important task, since it calls for solving many topical problems of modern construction and simultaneously address environmental, resource and economic problems through technological and industrial wastes upon application and production of a local porous fillers and a multicomponent astringent. The results of experimental research analysis of load carrying capacity, crack resistance and deformability fragments of internal wall panels from haydite concrete on multicomponent astringent. Study previously conducted for the selection of the composition of ceramsitoperlit concrete on multicomponent astringent is allowed to choose the optimal compositions of concrete with a lower cement consumption, use of waste industry and the reduction of the own weight of the structure. The data

on the load-bearing capacity, crack resistance and deformation capacity of models and fragments internal wall panels made from ceramsitoperlit concrete on multicomponent astringent are experimentally obtained. The referent analysis of the experimental and theoretical failure loads is made. The executed analysis of research of load-bearing capacity, crack resistance and deformation capacity of models and fragments internal wall panels, made from ceramsitoperlit concrete on multicomponent astringent shows good convergence of the received and settlement results, that done according applicable rules. The technical ability of using of ceramsitoperlit concrete on multicomponent astringent in the construction of civil buildings is proved. Research of structures from ceramsitoperlit concrete on multicomponent astringent shows, that their calculation may be done according applicable rules to calculation of general ceramsit concrete.

Ключові слова:

Міцність, деформативність, конструкційно-теплоізоляційний, легкий бетон. Прочность, деформативность, конструкционно-теплоизолирующий, лёгкий бетон.

Durability, deformations, constructive insulating, light weight concrete.

Введение. Широкое применение перлитовый песок нашел в качестве мелкогo заполнителя совместно с различными видами крупных пористых заполнителей — перлитовым щебнем, керамзитовым гравием, аглопоритовым гравием и др. в конструктивно-теплоизоляционных бетонах для панелей наружных стен жилых и промышленных зданий.

Среди многочисленных отходов и побочных продуктов (отходы ГОК, металлургические шлаки и фосфорного [1,2,3].

Постановка проблемы. Использование отходов промышленности в производстве материалов и конструкций приводит не только к утилизации, но и позволяет получить дешевый местный сырьевой материал и способствует охране окружающей среды. Необходимость использования золошлаковых отходов связана и с их вредным влиянием на окружающую природную среду. Распыление золы ТЭС при ее хранении в отвалах представляет опасность для водного и воздушного бассейнов. Вблизи отвалов ухудшаются условия жизни людей.

Анализ последних достижений. За последнее время накопилось много исследований прочности и деформаций легких бетонов и конструкций на их основе, приведены в работах М.А. Ахматова, Э.М. Бабича, В.Н. Вырового, Б.С. Комисаренко, Р.Л. Маиляна, Л.П. Орентлихера, Н.Я. Спивака, В.Г. Суханова, А.Б. Пирадова и др.

На современном уровне значительный вклад в развитие бетонов с использованием шлака и золы внесли Ш.Т. Бабаев, Е.В. Гончикова, С.А. Высоцкий, Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, А.Г. Зоткин, М.Ю. Лещинский, Н.Р. Рузиев,

А.В. Каляскин, и др., но в основном ресурсосберегающие вопросы за счёт применения промышленных отходов при изготовлении пористых заполнителей и вяжущих рассматриваются для тяжелых бетонов.

Основная цель статьи заключается в исследовании несущей способности и деформативности фрагментов стеновых панелей из керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем.

Методика исследования. Материалы, использованные в исследованиях, имели следующие характеристики:

- керамзитовый гравий 5...10 мм, нефракционированный Кулиндоровского индустриального концерна “Инто-Строй”, марки по насыпной плотности М 600, условной прочностью в цилиндре, равной 2,8...3,0 МПа;
- песок кварцевый Кременчугского карьера;
- песок перлитовый ООО Перлит-Инвест – ГОСТ 10832-91;
- цемент М 400 Криворожского завода – ДСТУ Б В.2.7-112-2002;
- зола-унос Ладыжинской ТЭС – ГОСТ 25818-91;
- известь негашёная Кулиндоровского завода, содержание активной окиси кальция СаО-75%;
- гипс строительный – ДСТУ Б В.2.7-104-2000;
- суперпластификатор С-3–ТУ-2481-001-51831493-00.

Моделирование внутренних стеновых панелей проводили с целью апробации в лабораторных условиях разработанной технологии изготовления керамзитобетоперлитобетонных на многокомпонентном вяжущем смесей различной подвижности и предварительной оценки работы этих панелей под нагрузкой.

Для изготовления моделей было использовано физическое моделирование на геометрически подобных моделях с соблюдением принципа простого подобия оригиналу.

Результаты исследования. Испытания моделей проводили с целью выявления их фактической несущей способности и трещиностойкости.

Согласно принятому нами критерию результаты испытания внутренних стеновых панелей должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Несущая способность обеспечена, если величина опытной разрушающей нагрузки N_p^0 не менее теоретической разрушающей нагрузки N_p^T , т.е. $N_p^0 \geq N_p^T$.
2. Трещиностойкость обеспечена, если расчетная нагрузка N увеличенная на коэффициент 1.1, меньше опытной нагрузки трещинообразования $N_{тр}^0$, т.е. $\frac{N_{тр}^0}{N} > 1.1$.
3. Разрушение панели должно произойти вследствие исчерпания несущей способности одного из расчетных сечений (вследствие разрушения бетона, текучести или разрыва арматуры и т.п.).

Теоретические значения разрушающих нагрузок N_p^T определяли по формуле

$$N_p^T = \eta\varphi[f_{cd}^\phi A_c^\phi + f_{yd}^\phi (A_s^\phi + A_s^{(1)\phi})] \quad (1.1)$$

где η - коэффициент условий работы для элементов малой высоты ($h \leq 200$ мм) учитывает определяющее значение случайного эксцентриситета 1 см и принимается в этом случае равным 0,9;

φ - коэффициент продольного изгиба, вычисляется по СНиП зависимости от гибкости элемента $\frac{l_0}{h}$ и соотношения $\frac{N_{дл}}{N}=1$ (в наших расчетах);

f_{cd}^ϕ, f_{yd}^ϕ - фактические прочностные характеристики бетона и арматуры;

$A_c^\phi, A_s^\phi, A_s^{(1)\phi}$ - фактические площади сечений бетона и арматуры.

Расчетные нагрузки также определяли по формуле (1.1) по установленным расчетным сопротивлениям керамзитоперлитобетона, арматуры и фактическим размерам моделей. Расчетные сопротивления керамзитоперлитобетона определяли по ДБН [4] и с учетом применения зависимостей норм с полученными из наших экспериментов уточненными значениями f_{cd} и коэффициента условий работы γ_{c3} . Сравнение расчетных нагрузок, полученных по ДБН N , с расчетными нагрузками, полученными с учетом наших предложений N' , показывает, что действующие нормы несколько занижают расчетную несущую способность сжатых элементов. Среднее значение отношения $\frac{N}{N'}$ составляет 0,85 при коэффициенте вариации $C_{VN}=5,2\%$.

Анализ результатов испытания моделей показал, что практически все они удовлетворяют вышеприведенным требованиям по несущей способности и трещиностойкости.

Величины опытных разрушающих нагрузок N_p^0 превышают соответствующие теоретические значения N_p^T , рассчитанные для коэффициента условий работы $\eta=0,9$, в среднем на 22,5%. Значительное превышение опытных разрушающих нагрузок над теоретическими для большинства моделей, по-видимому, определяется тем, что физическая ось испытанных моделей перемещалась при разрушающей нагрузке N_p^0 незначительно и, следовательно, практически отсутствовали эксцентриситеты приложения нагрузок, по крайней мере они были меньше 1. Учитывая это, был проведен расчет теоретических разрушающих нагрузок для коэффициента условий работы $\eta=1$. Сопоставление рассчитанных таким образом значений N_p^T с соответствующими значениями N_p^0 , показало, что в данном случае превышение опытных разрушающих нагрузок над теоретическими составило в среднем 9,6%.

Наибольшее превышение опытных разрушающих нагрузок над теоретическими (21%) зафиксировано для моделей изготовленных из смесей с ОК=6 см (класс бетона LC 12/15); наименьшее (2%) – для моделей изготовленных из смесей с ОК=18 см (класс бетона LC 12/15).

В процессе испытаний керамзитоперлитобетон во всех испытанных моделях деформировался как упругий материал практически до их

разрушения. Первые видимые трещины образовались при нагрузках $N_{тр}^0$ составляющих в среднем $0,72 N_p^0$.

Разрушение всех опытных моделей произошло в результате исчерпания несущей способности керамзитоперлитобетона в средней либо верхней зоне элемента, что по-видимому, связано с уменьшением прочности керамзитоперлитобетона в верхней части этих моделей за счет частичного расслоения при вибрировании смесей с показателем подвижности ОК=18 см.

Полученные результаты испытания опытных моделей стеновых панелей были проанализированы с использованием математической статистики.

Результаты испытания моделей внутренних стеновых панелей показали, что на базе принятых оптимальных составов можно изготавливать внутренние стеновые панели, удовлетворяющие основным эксплуатационным требованиям по несущей способности и трещиностойкости. С целью проверки этого предположения были исследованы фрагменты внутренних стеновых панелей.

Испытание фрагментов проводили с целью выявления их фактической несущей способности, трещиностойкости и деформативности.

Несущую способность и трещиностойкость опытных фрагментов оценивали согласно.

Теоретические значения разрушающих нагрузок N_p^T определяли по формуле (1.1) при коэффициентах условий работы $\eta=0,9$ и $\eta=1$.

Несколько большее по сравнению с моделями занижение (на 6%) расчетной несущей способности, полученной для фрагментов, связано с дифференцированным подходом к определению коэффициента призмной прочности φ_b . При оценке расчетной несущей способности сжатых элементов, изготовленных из керамзитоперлитобетонных на многокомпонентном вяжущем смесей с ОК=6...18 см, следует учитывать фактическую прочность бетона, связанную с определением коэффициента призмной прочности φ_b .

Анализ результатов испытаний фрагментов показал, что все они удовлетворяют требованиям по несущей способности и трещиностойкости.

Величины опытных разрушающих нагрузок N_p^0 превышают соответствующие теоретические значения N_p^T в среднем на 14,1% (для $\eta=0,9$) и 2,8% (для $\eta=1$). Незначительное для большинства фрагментов превышение опытных разрушающих нагрузок над теоретическими, рассчитанными для $\eta=1$, по-видимому, свидетельствует о величине случайных эксцентриситетов, меньших 1.

Для проверки этого предположения для каждого опытного фрагмента на каждой ступени загрузки по усредненным полным относительным продольным деформациям керамзитоперлитобетона на боковых гранях были рассчитаны величины опытных эксцентриситетов деформаций e_1^0 , для вычисления использовали зависимость

$$e_1^0 = \frac{|\varepsilon_{\text{пр}1} - \varepsilon_{\text{пр}2}|}{\varepsilon_{\text{пр}1} + \varepsilon_{\text{пр}2}} \times \frac{h}{6}, \quad (1.2)$$

где $\varepsilon_{\text{пр}1}, \varepsilon_{\text{пр}2}$ - средние продольные деформации керамзитобетона по боковым граням фрагмента;

h - высота сечения фрагмента.

Однако, величина e_1^0 не отражает действительного эксцентриситета приложения нагрузки в средней части высоты фрагмента. Это связано, прежде всего, с горизонтальными смещениями фрагмента в процессе испытаний, контроль которых осуществляли измерением прогибов. Для всех фрагментов при увеличении нагрузки прогибы постоянно возрастали и на ступенях загрузки, предшествующих разрушению, достигали максимальных значений, равных 0,6...2,0 см. естественно, что учет этих прогибов должен существенно влиять на величины соответствующих эксцентриситетов деформаций e_1^0 . В этой связи нами были вычислены величины фактический случайных эксцентриситетов приложения равнодействующей нагрузки e_2^0 с учетом полученных в эксперименте прогибов. Для вычисления была использована формула:

$$e_2^0 = \frac{\sum_{i=1}^n (e_{1,i}^0 - f_{n,i})}{n}, \quad (1.3)$$

где $f_{n,i}$ - полный прогиб на ступени загрузки;

n - количество ступеней загрузки;

i - ступени загрузки.

Вычисления e_2^0 обычно проводят при нагрузках, соответствующих линейной зависимости между напряжениями и деформациями, т.е. при $N \leq (0,1 \dots 0,3) N_p^0$.

Сопоставление полных продольных деформаций $\bar{\varepsilon}_{\text{пр}}$ с упругими $\bar{\varepsilon}_y$ показывает, что керамзитоперлитобетон во всех опытных фрагментах работал упруго практически до разрушения. Это позволило сделать допущение о прямой зависимости между полным прогибом f_n и фактическим эксцентриситетом e_2^0 вплоть до начала разрушения фрагментов. Возникающая при этом погрешность незначительно влияет на величину e_2^0 . Средние значения e_2^0 изменяются в пределах 0,02...0,64 см и для большинства фрагментов значительно меньше 1.

Величина относительных случайных эксцентриситетов $m = \frac{e_2^0}{h}$ в эксперименте изменялась в пределах (0,001...0,04) при среднем значении 0,0198.

Наибольшее превышение опытных разрушающих нагрузок N_p^0 над теоретическими N_p^T получено при $\eta=1$ для фрагментов (ОК=6 см, В20) и составило 13%.

Для всех фрагментов значения опытных нагрузок трещинообразования $N_{\text{тр}}^0$ превышают соответствующие значения расчетных нагрузок в среднем на 91%. Первые видимые трещины образовались при нагрузках

$N_{тр}^o = (0,71 \dots 1,0) N_p^o$. Среднее значение отношения $\frac{N_{тр}^o}{N_p^o} = 0,93$. Разрушение всех опытных фрагментов произошло в результате исчерпания несущей способности керамзитоперлитобетона в средней зоне элемента. Это дополнительно свидетельствует о высокой прочностной однородности по высоте формирования опытных фрагментов.

Учитывая, что все фрагменты разрушились в средней зоне, оценку их деформативности проводили в средних сечениях. Деформации равномерно возрастают практически до разрушения фрагментов. Сопоставление результатов механических измерений (индикаторы) продольных деформаций с тензометрическими (тензодатчики) показывает их близкую сходимость до нагрузок, равных $(0,6 \dots 0,8) N_p^o$. При дальнейшем увеличении нагрузок интенсивность роста деформаций, измеренных с помощью индикаторов, для большинства фрагментов делается несколько большей. Это, по-видимому, связано с началом микротрещинообразования в керамзитоперлитобетоне: некоторые тензодатчики, попавшие в зону образования микротрещин, выключались из работы, что повлияло в сторону уменьшения на среднюю величину полных продольных деформаций, измеренных тензометрическим способом. Коэффициент поперечных деформаций $\mu = \frac{\bar{\varepsilon}_{п}}{\bar{\varepsilon}_{пр}}$, характеризующий, в частности, границы образования микротрещин, равномерно возрастает до нагрузок $(0,6 \dots 0,7) N_p^o$, достигая величины $0,19 \dots 0,29$. При дальнейшем увеличении нагрузки значения μ для большинства фрагментов резко возрастали и на ступенях, предшествующих разрушению, достигали максимальных значений $\mu = 0,31 \dots 0,44$, близких к уровню нормируемой величины $0,5$, которую принято считать верхней границей образования микротрещин. Эксплуатационная нагрузка, под действием которой находится внутренняя стеновая панель в здании, составляет обычно $0,6 \dots 0,7$ от разрушающей. Таким образом, при эксплуатационной нагрузке, как показывают результаты наших испытаний, во внутренних стеновых панелях класса по прочности на осевое сжатие LC 12/15...LC 16/20, изготовленных по рекомендуемой технологии из керамзитобетонных на карбонатном песке пластифицированных смесей с ОК=6...18 см, силовые микротрещины в керамзитоперлитобетоне должны отсутствовать.

При нагрузках, равных $(0,2 \dots 0,54) N_p^o$, продольные деформации распределялись практически равномерно по сечению. На ступенях загрузки, предшествующих разрушению – $(0,86 \dots 0,96) N_p^o$, характер распределения этих деформаций был неравномерным. Коэффициенты полноты эпюр продольных деформаций $\omega = \frac{\bar{\varepsilon}_{пр}}{\varepsilon_{пр}^{max}}$, подсчитанные для каждого фрагмента на ступенях загрузки, предшествующих разрушению, составили $\omega = 0,73 \dots 0,95$ (среднее значение $\bar{\omega} = 0,87$). Учитывая показанный выше упругий характер деформирования керамзитобетона вплоть до разрушения, можно предположить, что подсчитанные значения коэффициентов полноты эпюр продольных деформаций ω соответствуют

значениям коэффициентов полноты нормальных напряжений в средних сечениях фрагментов. Выполненный с учетом этого предположения анализ значений ω показывает, что наибольшую концентрацию напряжений в средних сечениях показали фрагменты класса LC 16/20, изготовленные из смесей с ОК=6 см: среднее значение $\bar{\omega}=0,93$ при коэффициенте вариации $C_{V\omega}=3,3\%$. Наименьшее среднее значение $\bar{\omega}=0,77$ при коэффициенте вариации $C_{V\omega}=7,6\%$ зафиксировано во фрагментах класса B15, изготовленных из смесей с ОК=12 см. максимальные величины средних продольных деформаций, полученные в эксперименте, достигали значений:

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=208 \cdot 10^{-5} \text{ - для фрагментов класса LC 12/15 (ОК=6 см);}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=270 \cdot 10^{-5} \text{ - для фрагментов класса LC 16/20 (ОК=6 см);}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=205 \cdot 10^{-5} \text{ - для фрагментов класса LC 12/15 (ОК=12 см);}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=224 \cdot 10^{-5} \text{ для фрагментов класса LC 12/15 (ОК=18 см).}$$

Учитывая некоторое несоответствие уровней загрузок, при которых получены эти значения, можно сделать вывод, что помимо общеизвестного влияния прочности бетона на его предельные деформации также влияет консистенция смеси, с увеличением которой предельная сжимаемость пластифицированного керамзитобетона на карбонатном песке увеличивается.

Средние значения максимальных продольных деформаций для указанных фрагментов соответственно составили $\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=208 \cdot 10^{-5}$, $\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=256 \cdot 10^{-5}$ ($C_{V\varepsilon} = 4,7\%$), $\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=196 \cdot 10^{-5}$ ($C_{V\varepsilon} = 5,9\%$), $\varepsilon_{\text{пр}}^{\text{max}}=219 \cdot 10^{-5}$. Полученные испытания фрагментов внутренних стеновых панелей были проанализированы с использованием математической статистики. Отношения $\frac{N_p^0}{N_p}$, рассчитанные для коэффициентов условий работы $\eta=0,9$ и $\eta=1$, подчиняются закону нормального распределения.

Исходя из физического смысла минимального коэффициента надежности K_{min} , можно сделать вывод о том, что чем меньше его величина, тем надежнее результаты расчета. Вместе с тем, полученное для $\eta=0,9$ значение $K_{\text{min}}=0,97 < 1$. Это в свою очередь свидетельствует о том, что расчет фрагментов, выполненный для $\eta=0,9$ при принятом в действующих нормах уровне зависимости $\alpha=0,05$ недооценивает фактическую несущую способность указанных элементов. Более точные результаты, исходя из сопоставления коэффициентов вариации C_{VN} , показывает расчет фрагментов, выполненный при $\eta=1$.

Кроме того, по принятой нами методике проведен статистический анализ средних значений относительного случайного эксцентриситета m , коэффициента поперечных деформаций μ^{max} , коэффициента полноты эпюр продольных деформаций ω^{max} . Указанные величины подчиняются закону нормального распределения. Разброс величин эксцентриситета m относительно его среднего значения очень велик ($C_{Vm}=70\%$), что естественно и объясняется кроме вышеуказанных горизонтальных смещений фрагментов в процессе испытания, совокупностью трудноучитываемых факторов, в частности: размерными погрешностями толщины фрагмента по его высоте;

неоднородностью керамзитоперлитобетона по толщине и, частично, его высоте и т.д..

Границы доверительных интервалов относительно случайного эксцентриситета m , построенные при уровне значимости $\alpha=0,05$, соответствуют значения 0,001 (нижняя граница) и 0,030 (верхняя граница). Разброс значений коэффициента поперечных деформаций μ^{max} , рассчитанных для каждого фрагмента на ступенях загрузки предшествующих разрушению, относительно среднего характеризуется коэффициентом вариации $C_{v\mu}=16,2\%$.

Значение коэффициента вариации для величины ω^{max} составляет $C_{v\omega}=8,8\%$. Сопоставление результатов статистического анализа отношений, рассчитанных для моделей и фрагментов внутренних стеновых панелей показывает их достаточно близкую сходимость. Большее среднее значение отношения $\frac{N_{тр}^0}{N_p^0}$, а также несколько сдвинутые границы доверительных интервалов, полученные для фрагментов, свидетельствуют об их большей, по сравнению с моделями, трещиностойкости. Это связано с улучшенными, по сравнению с моделями, условиями формирования фрагментов за счет равномерного воздействия на них в процессе уплотнения.

В целом результаты сопоставления указанных отношений позволяют предварительно сделать вывод о возможности изучения работы внутренних стеновых панелей на геометрически подобных моделях без проведения аналогичного трудоемкого эксперимента на опытных элементах (фрагментах) в натуральную величину.

Выводы:

1. Помимо общеизвестного влияния прочности бетона на его предельные деформации также влияет консистенция смеси, с увеличением которой предельная сжимаемость пластифицированного керамзитоперлитобетона увеличивается.
2. Расслаиваемость керамзитоперлитобетонных смесей при их виброуплотнении избежать практически нельзя. В наибольшей степени расслаиваемость смеси зависит от агрегатно-структурного фактора и длительности виброуплотнения, и в значительно меньшей – от расхода цемента. При самых неблагоприятных сочетаниях указанных факторов расслаиваемость смеси не превышает 7,5%, что можно считать допустимым при проектировании составов керамзитоперлитобетона.
3. Максимальные величины продольных деформаций, полученные по результатам испытания опытных фрагментов, зависят от класса керамзитобетона и исходной подвижности смеси.
4. Опытные фрагменты внутренних стеновых панелей удовлетворяют нормативным требованиям по несущей способности, трещиностойкости и деформативности.
5. Для оптимизации составов керамзитоперлитобетона на

многокомпонентном вяжущем рекомендуется использовать разработанную методику комплексного подхода, которая позволяет получить экономические по стоимости составы.

1. Керамзитобетонные конструкции на малоцементном известесодержащем вяжущем / [С.А. Кравченко, К. Мади, И.А. Столевич и др.] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Науково-технічний збірник. – Рівне, 2006. – Вип. 14. – С. 68 - 74.

2. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95. -- Замість ГОСТ 88-2985. - [Чинний від 1995-11-16]. - К.: Держкоммістобудування України, 1997.- 23 с. - (Національні стандарти України).

3. Кравченко С.А. Исследование конструкций из керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем / С.А. Кравченко, А.А. Постернак, И.А. Столевич, А.И. Костюк// Науково-технічний збірник “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. – Рівне, 2011. – вип.22.– С. 393 - 399.

4. ДБН В.2.6 – 98: 2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ, 2011. – 71 с.

5. Испытание сборных железобетонных конструкций./Комар А.Г., Дубровин Е.Н. и др., М., Высшая школа, 1980, 269с.