

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

А. М. Сопильняк, асс., Н. В. Савицкий, д. т н., проф.

Ключевые слова: трехслойная железобетонная балка, испытание, прочность, трещиностойкость

Введение. В России и ряде европейских стран имеется некоторый опыт применения трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов, которые использовались при строительстве объектов гражданского и промышленного назначения в различных климатических условиях [1; 2].

Анализ публикаций. Изучению напряженно-деформированного состояния многослойных железобетонных ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов посвящены работы [3 – 5], в которых описан опыт применения в качестве теплоизоляционного слоя крупнопористого керамзитобетона, шлакопемзобетона, арболита и др.

Цель статьи. Изложение методики и результатов проведения испытаний опытных трехслойных железобетонных балок с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона.

Изложение материала. По технологии [6] изготовлены четыре серии балочных образцов (рис. 1) длиной 250 см при расчетном пролете 220 см, высотой 30 см и шириной 16 см, наружными слоями из тяжелого бетона толщиной 5 и 7 см и средним слоем из полистиролбетона толщиной 18 см. Рабочая и распределительная арматура образцов выполнена из проволоочной арматуры класса Вр-I диаметром 4 мм.

1 и 2-я серии балочных образцов запроектированы из условия разрушения в средней части пролета по сечениям, нормальным к продольной оси, в количестве двух и трех штук, с различием лишь тем, что в балочных образцах 1-й серии установлена поперечная арматура в виде хомутов.

3 и 4-я серии балочных образцов предназначены для изучения прочности при разрушении в приопорных зонах по сечениям, наклонным к продольной оси, и состоят трех балочных образцов каждая. Образцы этих серий полностью идентичны между собой, а отличие их при проведении экспериментов будет заключаться в пролете среза – расстоянии от опор до сосредоточенной нагрузки: 283 и 425 мм (h_0 и $1,5h_0$).



Рис. 1. Опытные образцы трехслойных балок

Контрольные образцы для определения прочностных и деформативных характеристик бетонов опытных балок изготавливали в инвентарных металлических формах. Результаты их испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Прочностные и деформативные характеристики бетонов опытных балок

Серии образцов	Тяжелый бетон, МПа				Полистиролбетон, МПа			
	R_m	R_b	R_{bt}	$E_b \cdot 10^{-3}$	R_m	R_b	R_{bt}	$E_b \cdot 10^{-3}$
1,2	27,52	15,5	2,43	31,2	0,45	0,25	0,07	0,35
3,4	32,45	17,1	2,61	32,5	0,45	0,25	0,07	0,35

Прочностные и деформативные характеристики арматуры определены по результатам испытаний на разрыв образцов, отобранных при изготовлении каркасов (табл. 2).

Таблица 2

Прочностные и деформативные характеристики арматуры опытных балок

Серии образцов	Диаметр (мм) и класс	$A_s, \text{см}^2$	$\sigma_y, \text{МПа}$	$\sigma_u, \text{МПа}$	$E_s \cdot 10^3 \text{МПа}$
1-4	$\varnothing 4 \text{ Вр-I}$	0,132	473	572,5	176

Для испытания балочных образцов был собран стенд, схема и общий вид которого представлены на рисунке 2. Стенд состоит из опор, расположенных на неподвижной тележке, страховочных стоек, силовой рамы в виде подвижной плиты и стоек с винтовой резьбой, закрепленных к силовому полу. Загружение на балку производится гидродомкратом, через распределительную траверсу, в двух сечениях через шарнирноподвижную и шарнирно-неподвижную опоры. Шарнирноподвижная опора представляет собой каток диаметром 40 мм, заключенный между опорной пластиной и распределительной траверсой. Шарнирно-неподвижной опорой служил равнополочный уголок. Опорные пластины устанавливаются на раствор.

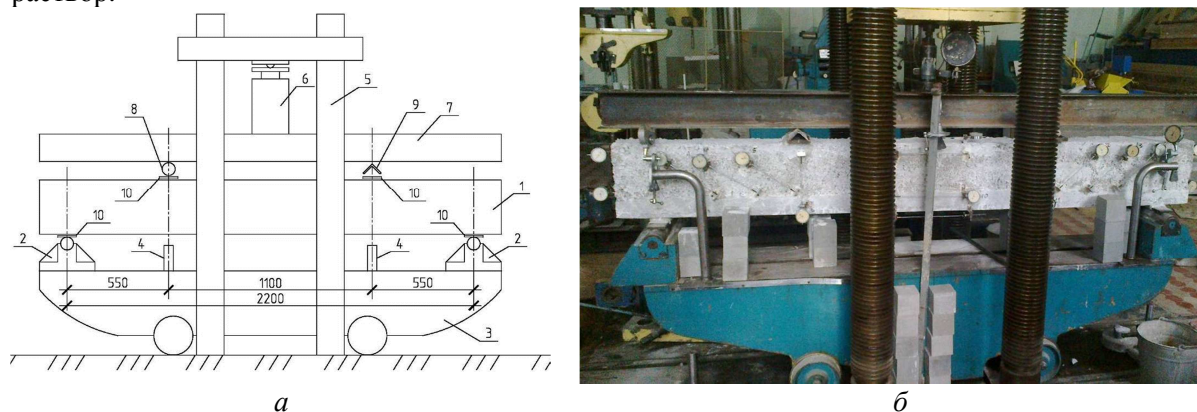
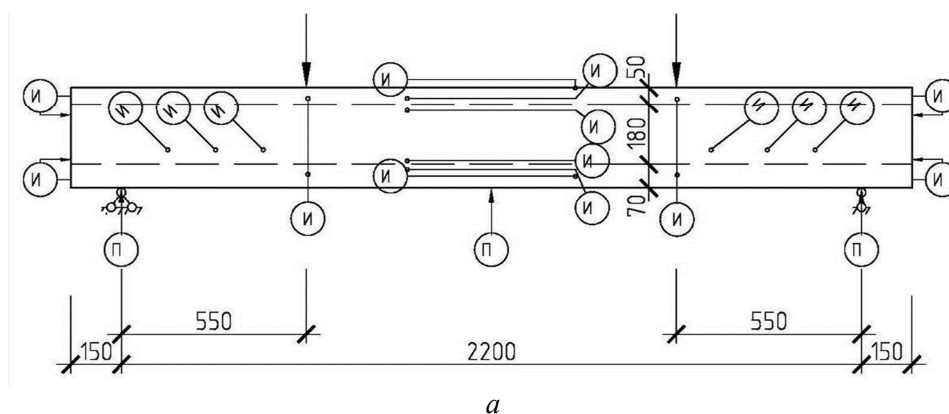


Рис. 2. Схема (а) и общий вид (б) стенда для испытания балочных образцов в лабораторных условиях: 1 – балка, 2 – опоры, 3 – неподвижная тележка, 4 – страховочные стойки, 5 – силовая рама, 6 – гидродомкрат, 7 – распределительная траверса, 8 – подвижная опора, 9 – неподвижная опора, 10 – опорные пластины

Загружение балочных образцов производили этапами, равными 1/10 предполагаемой разрушающей нагрузки, с выдержкой на каждом этапе 10...15 мин.

Перед испытанием для облегчения визуального наблюдения за появлением трещин и их распространением боковые поверхности были побелены известью. Схемы расположения приборов при испытаниях приведены на рисунке 3.



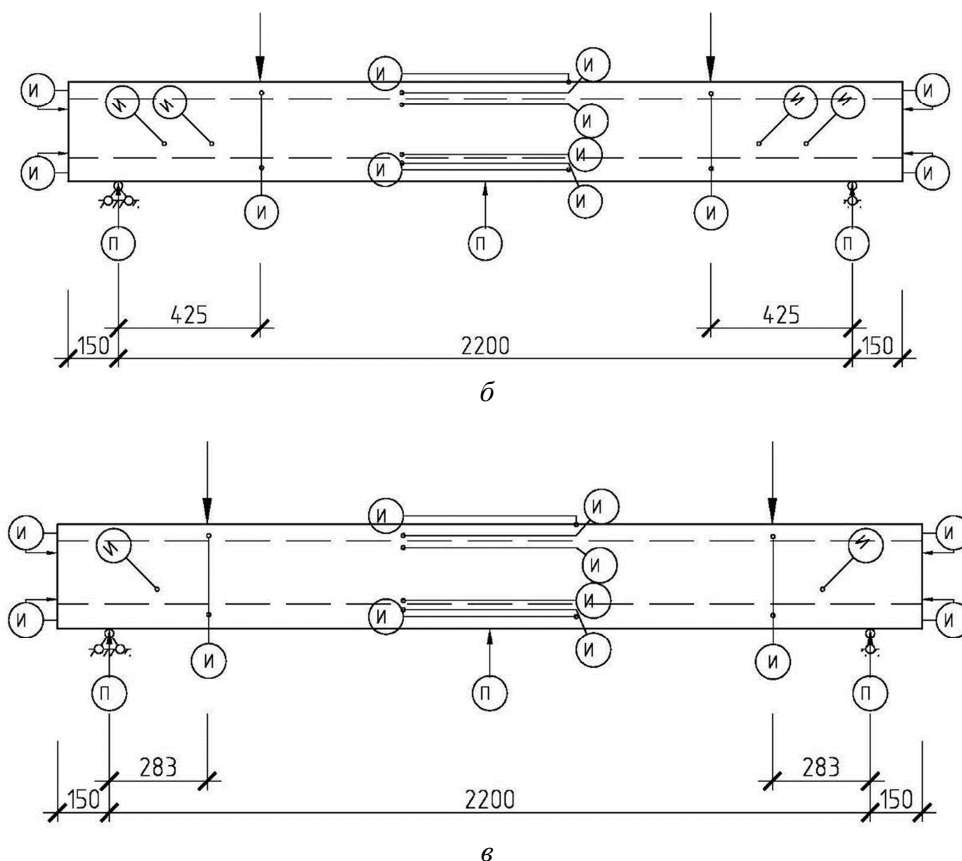


Рис. 3. Схемы расстановки приборов на балочных образцах 1 и 2-й (а), 3-й (б), 4-й (в) серий

Для оценки напряженно-деформированного состояния трехслойных балочных образцов с монолитной связью слоев на каждом этапе загрузки в середине их пролета измеряли деформации бетона. В шести уровнях по высоте сечения были установлены индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 30 см с целью определения положения нейтральной оси и средних относительных деформаций бетона по высоте сечения.

Фрагменты расположения приборов при испытаниях в средней части балочных образцов приведены на рисунке 4.

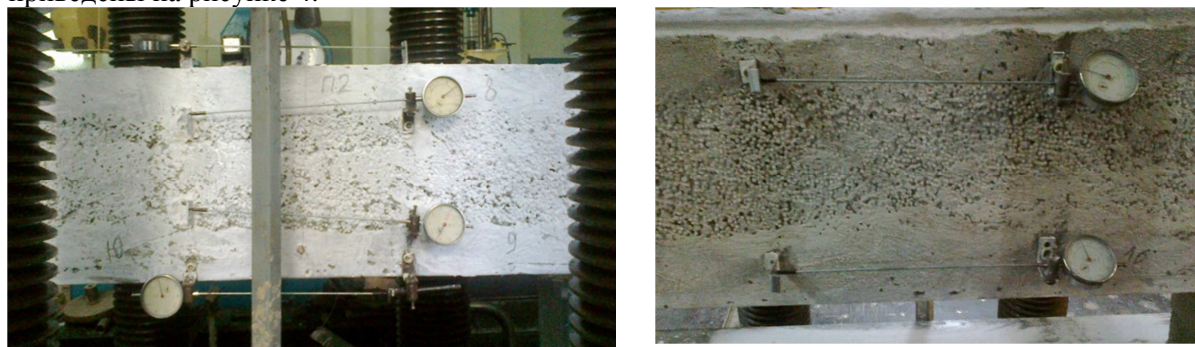


Рис. 4. Расположение индикаторов в средней части на обеих боковых поверхностях балочных образцов

В приопорных зонах балок измеряли деформации бетона среднего слоя индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 20 см, расположенными под углом 45° к продольной оси балок с целью определения деформаций в направлениях главных растягивающих и сжимающих напряжений. А также в местах приложения нагрузки были вертикально установлены индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 20 см для определения деформации среднего слоя и на торцах балочных образцов – индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм с целью определения величины смещения слоев.

Фрагменты расположения приборов при испытаниях в приопорных зонах балочных образцов приведены на рисунке 5.

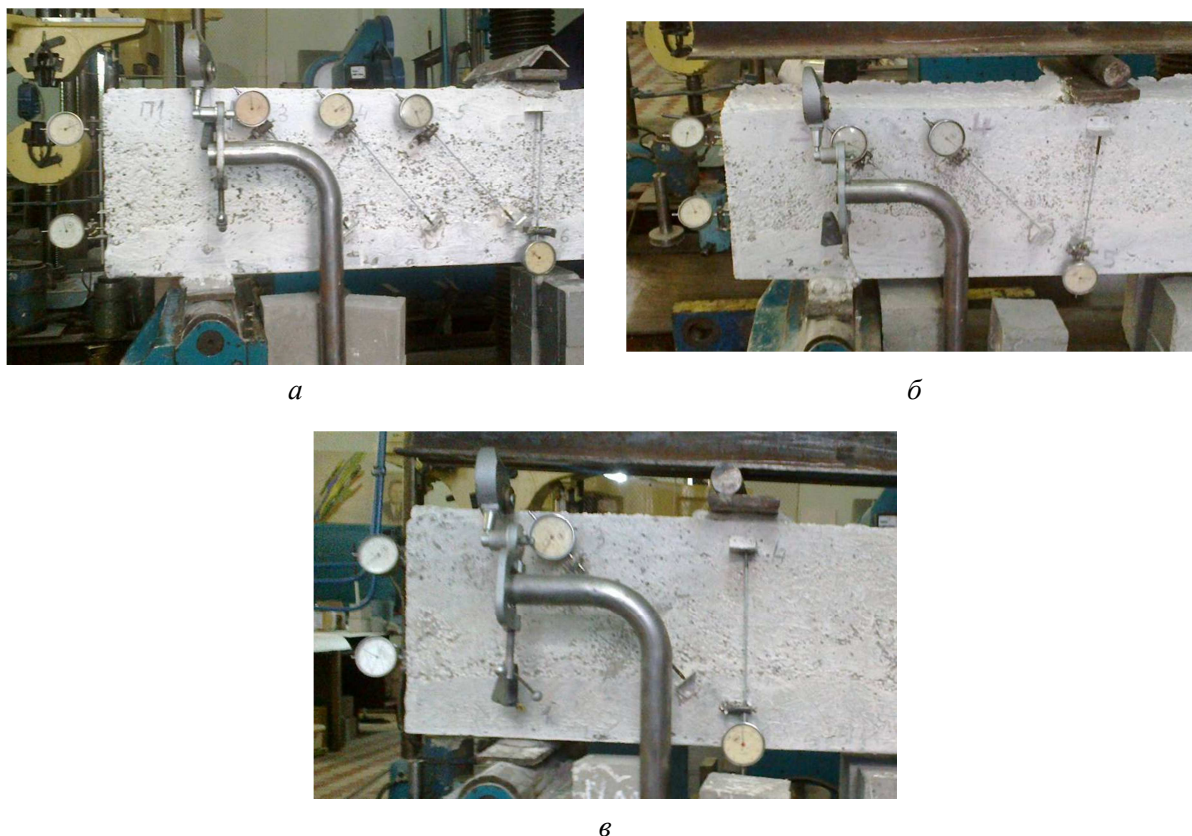


Рис. 5. Расположение индикаторов в приопорных зонах балочных образцов 1 и 2-й (а), 3-й (б), 4-й (в) серий

Прогибы трехслойных балок измеряли прогибомерами системы Максимова с ценой деления 0,01 мм. Их устанавливали в центре пролета и на опорах для исключения их осадок.

При испытаниях балочных образцов всех серий определили нагрузки, при которых образуются нормальные и наклонные трещины, разрушающие нагрузки и характер разрушения (рис. 6).

При проведении экспериментальных исследований фиксировались моменты образования видимых трещин и за величину момента трещинообразования принято среднее значение момента на этапе их обнаружения и предшествующем.

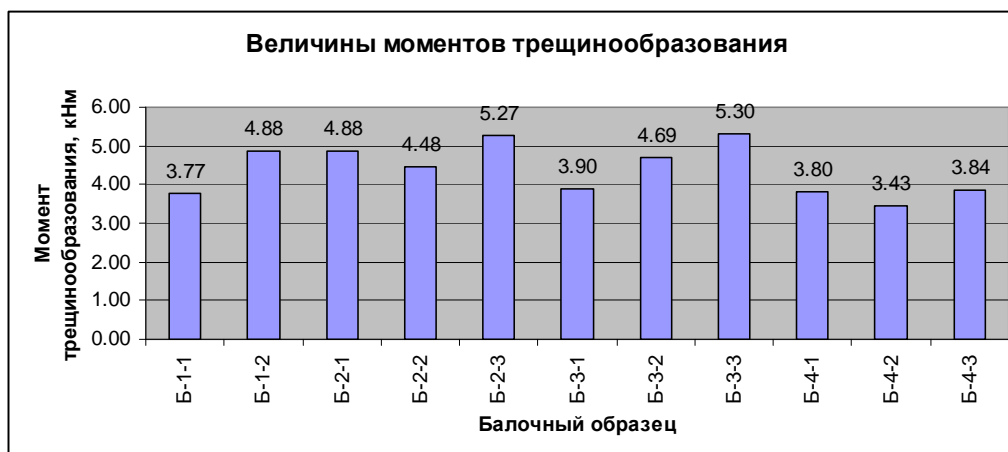


Рис. 6. Диаграмма величин изгибающих моментов, при которых образуются трещины

Для балочных образцов 1 и 2-й серий различие моментов трещинообразования не превышает 19 %, 3-й – 16 %, что может быть в основном следствием неоднородности бетона и, отчасти, недостаточной точности их определения.

Для балочных образцов 4-й серии с наименьшим значением расстояния от места приложения усилия до опоры величины моментов образования трещин различаются не существенно.

На рисунках 7 – 8 приведены схемы балочных образцов после испытаний.

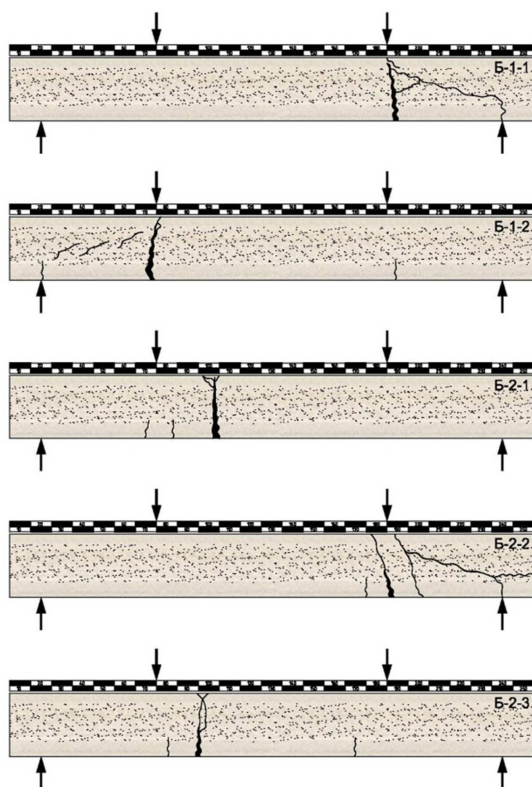


Рис. 7. Трещины в балках 1 и 2-й серий

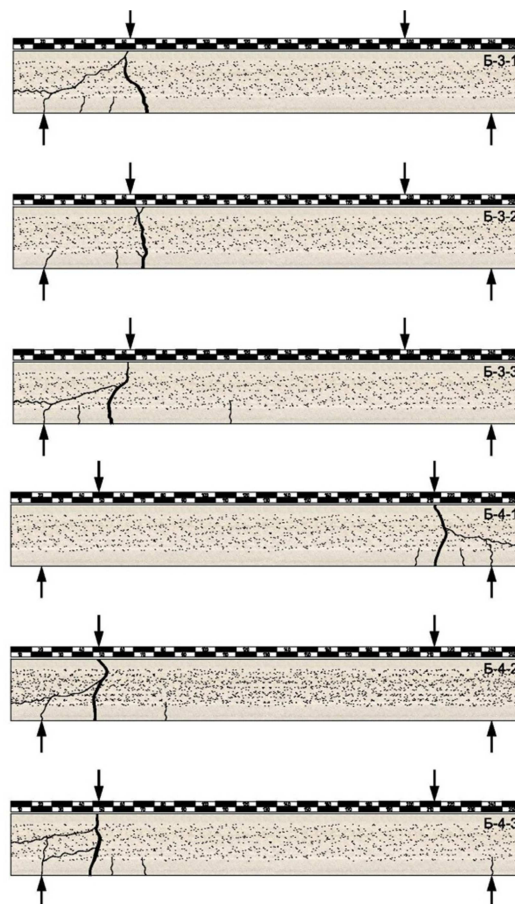


Рис. 8. Трещины в балках 3 и 4-й серий

Выводы. Сформулирована методика проведения испытаний трехслойных железобетонных балок со средним слоем из полистиролбетона.

По результатам проведенных экспериментов определены величины изгибающих моментов образования трещин и характер их распространения и распределения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Стронгин Н. С. Легкобетонные конструкции крупнопанельных, жилых домов / Н. С. Стронгин, Д. К. Баулин. – М. : Стройиздат, 1984. – 184 с.
2. Dall D. Durisol. Lightweight Precast Concrete / Dall D. Durisol // Paper trade. – 1950. – Vol. 130. – № 23.
3. Эпп А. Я. Ограждающие конструкции безопалубочного формования из керамзитобетона / А. Я. Эпп, Р. В. Сакаев, В. В. Чижевский и др // Развитие производства и применения легких бетонов и конструкций из них, в том числе с использованием промышленных отходов: тез. докл. III Всесоюзн. конф. по легким бетонам. – М. : Стройиздат, 1985. – С. 65.
4. Вайнтштейн М. З. Двухслойные наружные ограждающие конструкции из легкого бетона, изготавливаемые в один прием формования / М. З. Вайнтштейн // Развитие производства и применения легких бетонов и конструкций из них, в том числе с использованием промышленных отходов: тез. докл. III Всесоюзн. конф. по легким бетонам. – М. : Стройиздат, 1985. – С. 61 – 62.

5. **Король Е. А.** Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета: моногр. / Е. А. Король.– М. : АВС, 2001. – 256 с.

6. **Король Е. А.** Совершенствование технологии изготовления трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона / Е. А. Король, В. В. Полетаев. // Передовой научно-производственный опыт, рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов агропромышленного комплекса. Науч.-техн. информ. сб. Вып. – № 19. – М. – 1990. С 4 – 5.

УДК 692.231.3

Результаты испытаний прочности и трещиностойкости трехслойных железобетонных балок / А. М. Сопильняк, Н. В. Савицкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 1 – 2. – С. 54 – 59. – рис. 8. – табл. 2. – Библиогр.: (6 назв.).

Приводится методика проведения испытаний опытных образцов балок. Представлены результаты испытаний прочности и трещиностойкости трехслойных железобетонных балок с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона.

Ключевые слова: трехслойная железобетонная балка, испытание, прочность, трещиностойкость.

Результати випробувань міцності та тріщиностійкості тришарових залізобетонних балок / А. М. Сопільняк, М. В. Савицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2013. – № 1 – 2. – С. 54 – 59. – рис. 8. – табл. 2. – Бібліогр.: (6 назв).

Викладено методику проведення випробувань дослідних зразків балок та результати випробувань міцності і тріщиностійкості тришарових залізобетонних балок із теплоізоляційним шаром з полістиролбетону.

Ключові слова: тришарова залізобетонна балка, випробування, міцність, тріщиностійкість.

The results of strength and crack resistance tests of three layer reinforced concrete beams / A. M. Sopilnyak, N. V. Savitskiy // Visnyk of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2013. – № 1 – 2. – P. 54 – 59. – . pic. 8. – tabl. 2. – Bibliogr.: (6 names).

The experimental methodology of beams test specimens is described. The results of strength and crack resistance tests of three layer reinforced concrete beams with polystyrene concrete heat insulation layer are presented.

Key words: three layer reinforced concrete beam, test, strength, crack resistance.