

**В.В. Волоцюга, магістр, Х.Б. Демчина, асистент, І.Б. Горніковська, асистент
О.А. Гаврилко, к.т.н., доцент**

Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ НЕАВТОКЛАВНОГО ПІНОБЕТОНУ НА РОЗТЯГ ПРИ ЗГІНІ

Наведено результати експериментального визначення міцності на розтяг при згині неавтоклавного пінобетону неармованого та армованого поліпропіленовою фіброю. Запропоновано визначати міцність неавтоклавного пінобетону на розтяг при згині за кубиковою міцністю через їх співвідношення. Наведено значення такого співвідношення для густини неавтоклавного пінобетону в межах 800 – 1100 кг/м³.

Ключові слова: неавтоклавний пінобетон, міцність на розтяг при згині, армування поліпропіленовою фіброю.

Вступ. На вигляд пінобетон – звичайний сірий матеріал. Зовні нагадує пемзу, а всередині – пористий шоколад. У результаті спінювання бетонна маса наповнюється повітряними бульбашками, що у свою чергу робить матеріал легким. Ця ж характеристика надає матеріалу додаткові звуко- та теплоізоляційні властивості. Своїми технічними властивостями пінобетон завдячує внутрішній комірчастій структурі, де кожна повітряна частинка герметично відділена від сусідніх комірок. У результаті вода не просочується всередину. Стіни і перегородки з пінобетону відмінно переносять перепади температур. Мікроклімат у пінобетонних спорудах такий самий, як у дерев'яних будинках.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Фізико-механічні характеристики ніздрюватих бетонів в Україні регламентовані стандартом ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови» [1]. Аналіз літератури і публікацій, які стосуються дослідження міцності пінобетону, показує, що немає чітко сформованої залежності міцності пінобетону від його густини. У багатьох випадках, коли проводилися дослідження міцності пінобетону, при одній і тій же марці за густиною пінобетонних зразків, у результаті отримано міцнісні характеристики дуже широкого діапазону.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Незалежно від технології та умов виготовлення недоліками пінобетону залишаються низький опір розтягуючим напруженням і підвищена крихкість, у результаті чого вироби часто отримують дефекти при транспортуванні та монтажі. З метою усунення таких недоліків, а також підвищення міцності пінобетону, застосовується армування, в тому числі поліпропіленовою фіброю. Відомо, що суттєвий вплив на міцність має підбір складу пінобетонної суміші, технологія виготовлення, умови твердіння, характеристики окремих компонентів (цементу, піску), співвідношення води і цементу тощо. Тому вивчення фізико-механічних характеристик має практичний інтерес.

Мета дослідження – знайти залежність міцності на розтяг при згині неавтоклавного пінобетону від його густини, оцінити вплив армування поліпропіленовою фіброю на міцність неавтоклавного пінобетону, а також розширити знання про міцність неавтоклавного пінобетону на розтяг при згині залежно від складу та технології його виготовлення.

Основний матеріал і результати. Визначення міцності бетону полягає у вимірюванні мінімальних зусиль, що призводять до руйнування спеціально виготовлених контрольних зразків бетону при їх навантаженні з постійною швидкістю зростання навантаження і наступному розрахунку напружень при цих зусиллях.

Для проведення випробувань на розтяг при згині були виготовлені пінобетонні призми з проектними розмірами $150 \times 150 \times 600$ мм. Усього виготовлено дев'ять призм, з них три призми були армовані поліпропіленовою фіброю. Бетонування зразків проходило у лабораторних умовах. Розчин було залито в опалубки, виготовлені з металу. Методику випробування пінобетонних призм прийнято згідно з ДСТУ В.2.7-214:2009 [2]. Усі зразки розглядуваної серії були випробувані в розрахунковому віці протягом однієї доби. Зразки-призми встановлювалися відповідно до схеми, що наведена на рис.

1. Навантаження зразків проводили до руйнування.

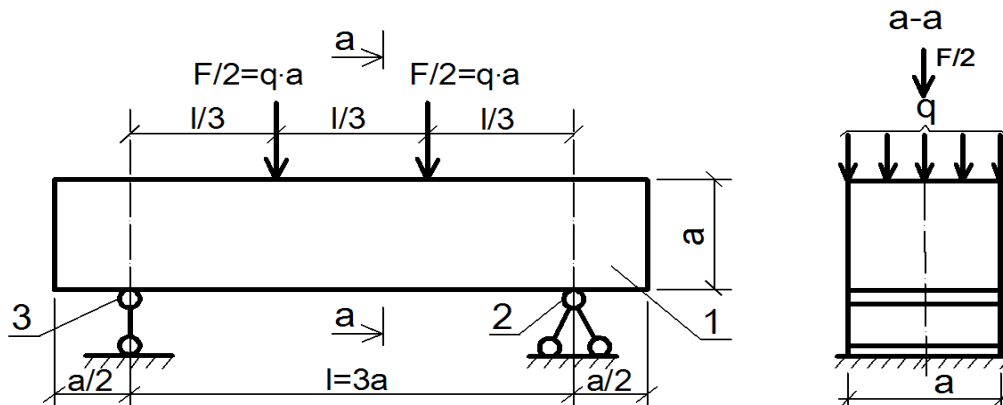


Рисунок 1 – Схема випробувань на розтяг при згині:

1 – зразок-призма; 2 – нерухома опора; 3 – рухома опора

Дослідні зразки встановлювалися на дві опори – шарнірно рухому та шарнірно нерухому, основою яких служила нижня плита преса. Відстань l між опорами становила 450 мм, відстань від краю зразка до опори – 75 мм. Зразок навантажувався двома силами, розміщеними на відстані 150 мм одна від одної, за допомогою домкрата через траверсу. Силу F фіксували за допомогою динамометра з індикатором годинникового типу, який містився між домкратом та верхньою опорною плитою преса. Навантаження зразків здійснювалося безперервно з постійною швидкістю. Якщо руйнування зразка сталося не в середній третині прогону або площина руйнування зразка мала нахил до вертикальної площини більше як 15° , то такий результат випробувань не враховувався.

Після випробування призм з їх половинок було вирізано по одному-два кубики розміром $150 \times 150 \times 150$ мм. Випробування проводилися відповідно до [2]. Густина кубів відповідала густині відповідної призми, з якої його було отримано.

За результатами проведених досліджень призм побудовано графік залежності ($\gamma - f_{c,t,f}$) для випробуваних пінобетонних призм неармованих і для армованих поліпропіленовою фіброю (рис. 2). За результатами проведених досліджень кубів побудовано графік залежності ($\gamma - f_{c,cube}$) для кубів (неармованих) з накладанням їх на графік з міцністю відповідних призм на розтяг при згині (рис. 3).

Для отриманих значень проведено апроксимацію за допомогою лінійного ряду з використанням табличного редактора «Microsoft Excel». Пряма для армованих зразків проходить вище прямої для неармованих, що свідчить про те, що армування неавтоклавного пінобетону поліпропіленовою фіброю дає ефект збільшення міцності

на розтяг при згині такого пінобетону. Середньоквадратичне відхилення апроксимації є прийнятним, урахувавши схильність до варіації даних для розглядуваного матеріалу. Аналогічно оброблені дані міцності кубів на стиск.

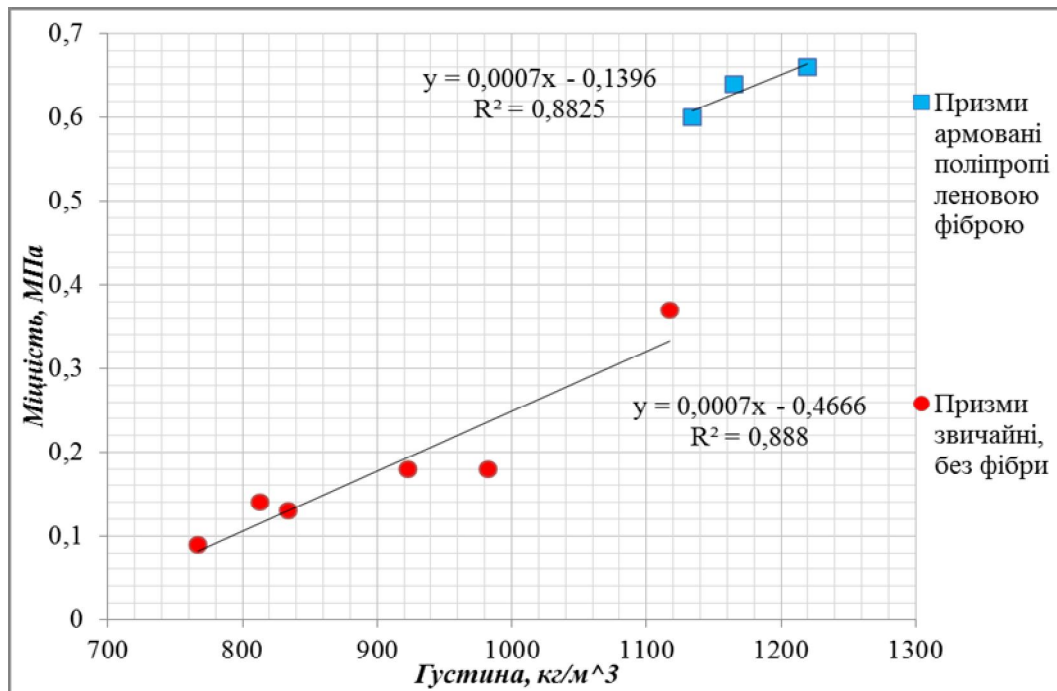


Рисунок 2 – Графік залежності ($\gamma - f_{c,t,f}$) для призм на розтяг при згині

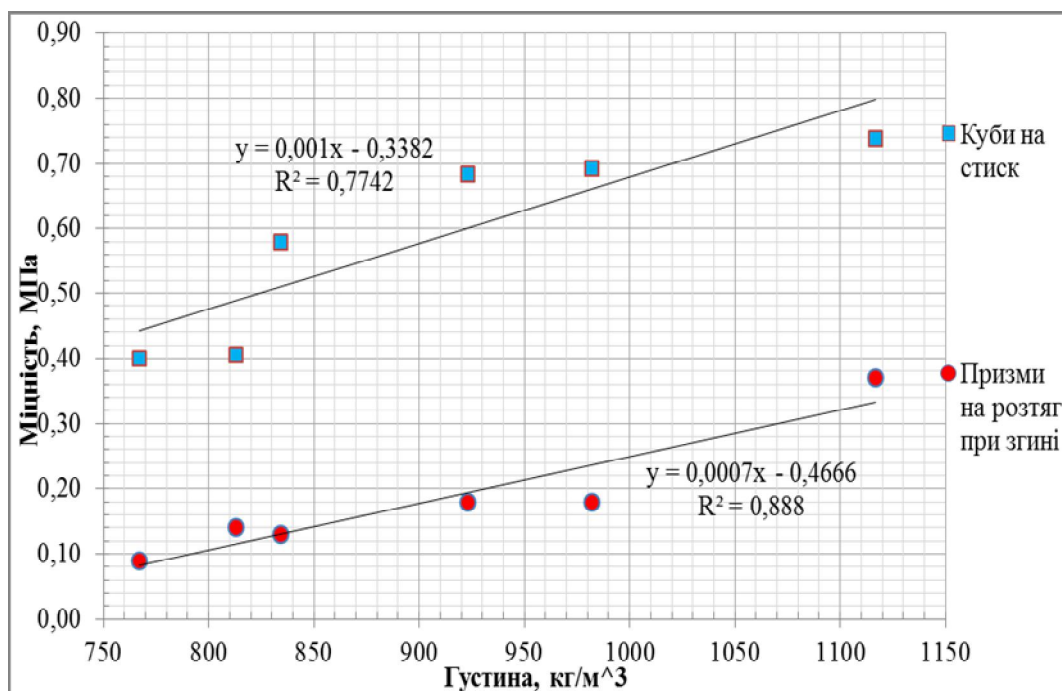


Рисунок 3 – Міцність кубів на стиск при міцності призм на розтяг при згині

Отриманий результат дає змогу оцінити міцність неавтоклавної пінобетону на розтяг при згині за наявності лише кубикової міцності. Це можна зробити графічно з рис. 3, або, маючи кубикову міцність, скористатися перехідним коефіцієнтом для отримання міцності на розтяг при згині, але такий коефіцієнт

для кожного значення густини є різним, тому що прямі не паралельні. Так, наприклад, у межах діапазону густин 800 – 1100 кг/м³ такий коефіцієнт коливається від 0,2 до 0,4. Тому на основі отриманих функцій прямих кубикової міцності й міцності на розтяг при згині в межах проведених досліджень отримано таблицю значень співвідношення $f_{c,tf}/f_{c,cube}$ (табл. 1).

Таблиця 1 – Таблиця значень співвідношень $f_{c,tf}/f_{c,cube}$

Густина, кг/м ³	770	800	900	1000	1100	1120
$f_{c,tf}/f_{c,cube}$	0,17	0,2	0,29	0,35	0,40	0,41

Отримане співвідношення $f_{c,tf}/f_{c,cube}$ запропоновано позначати коефіцієнтом $k_{tf/cube}$ і для конкретної густини знаходити його значення шляхом інтерполяції на основі табл. 1. Для наближених розрахунків можна скористатися усередненим значенням отриманого коефіцієнта $k_{tf/cube}$ для певних діапазонів (табл. 2).

Таблиця 2 – Значення співвідношень $f_{c,tf}/f_{c,cube}$ для діапазонів густин

Діапазон густин, кг/м ³	800 – 900	900 – 1000	1000 – 1100
$f_{c,tf}/f_{c,cube}$, ($k_{tf/cube}$)	0,25	0,32	0,38

Висновки:

1. Експериментально отримано залежність міцності на розтяг при згині неавтоклавного пінобетону від його густини для неармованого (в межах 770 – 1120 кг/м³) та армованого поліпропіленовою фіброю (в межах 1130 – 1220 кг/м³). Армування неавтоклавного пінобетону поліпропіленовою фіброю збільшує його міцність на розтяг при згині на 38 – 53%.

2. Експериментально отримано залежність міцності на стиск кубів 150×150×150 мм від густини для неавтоклавного неармованого пінобетону у вигляді прямолінійної функції.

3. Запропоновано коефіцієнт $k_{tf/cube} = f_{c,tf}/f_{c,cube}$, який дозволяє знайти міцність на розтяг при згині неавтоклавного неармованого пінобетону, якщо відома кубикова міцність у діапазоні густин 770 – 1120 кг/м³. Його значення встановлюється таблично шляхом інтерполяції або використовується наближене значення для діапазонів густин.

Література

1. ДСТУ Б В.2.7-45:2010. Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 41 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 36 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 38 с.
4. Взаємний зв'язок міцнісних та деформаційних характеристик безавтоклавного пінобетону / В. Б. Верба, І. Б. Горніковська, Х. Б. Демчина, В. В. Волоцюга, П. О. Голик. // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2012. – Том 8, № 1. – С. 27 – 35.
5. Ружинский, С. Все о пенобетоне / С. Ружинский. – С-Пб. : ООО «Строй Бетон», 2006. – 630 с.
6. Legatski, L.A. Cellular Concret / L.A. Legatski // Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Making Materials (Report No. ASTM STP 169C American Society for Testing and Materials). – West Conshohocken, 1994. – P. 533 – 539.

7. Alexanderson, J. Relations between structure and mechanical properties of autoclaved aerated concrete / J. Alexanderson // *Cem Concr Res.* – 1979; 9:507 – 14 p.

8. Ramamurthy, K.A Classification of studies on properties of foam concrete / K.A. Ramamurthy, E.K. Kunhanandan Nambiar, G. Indu Siva Ranjani // *Cement & Concrete Composites.* – 2009. – № 31. – P. 388 – 396.

Надійшла до редакції 01.11.12

© В. В. Волоцюга, Х. Б. Демчина, І. Б. Горніковська, О. А. Гаврилко

**В. В. Волоцюга, магистр, Х. Б. Демчина, асистент, І. Б. Горніковская, асистент
О. А. Гаврилко, к.т.н., доцент**

Национальный университет «Львовская политехника»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ

Приведены результаты экспериментального определения прочности на растяжения при изгибе неавтоклавного пенобетона неармированного и армированного полипропиленовой фиброй. Предложено определять прочность неавтоклавного пенобетона на растяжение при изгибе по кубиковой прочности посредством их соотношения. Приведены значения такого соотношения для плотности неавтоклавного пенобетона в пределах 800 – 1100 кг/м³.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, прочность на растяжения при изгибе, армирование полипропиленовой фиброй.

**V. Volotsiuga, Master, Kh. Demchyna, Assistant, I. Hornikovska, Assistant
O. Havrylko, Ph.D., associate professor**

Lviv National Polytechnic University

THE RESEARCH OF NON-AUTOCLAVED FOAM CONCRETE OF STRENGTH TENSILE BENDING

It is presented the results of experimental determination of tensile strength in bending non-autoclaved foam concrete unreinforced and reinforced of polypropylene fiber. Offered to determine the strength of non-autoclaved foam concrete tensile flexural strength for a cup by their relationship. Shows values of this ratio for non-autoclaved foam concrete density within the 800 – 1100 kg / m³.

Keywords: non-autoclaved foam concrete, tensile strength in bending, reinforcing of polypropylene fibre.