

УДК 624.012

## **ВИКОРИСТАННЯ ГНУЧКОГО БІОЛОГІЧНОГО АРМУВАННЯ У ПІНОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ ЕЛЕМЕНТАХ**

*Ю. Фамуляк, к.т.н.*

*Львівський національний аграрний університет*

*М. Волинець, с.н.с., ГНДВЛ-105*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

**Ключові слова:** пінобетон, біологічне армування, міцність, деформативність, прогини.

Сьогодні в пролітних конструкціях з пінобетону зазвичай використовують сталеву арматуру гладкого чи періодичного профілю. Експериментально-теоретичні дослідження інших типів армування, їх застосування в будівельній практиці, методики розрахунку таких конструкцій з нетрадиційним армування вивчені й застосовуються недостатньо. Один зі способів вирішення проблеми – заміна традиційного армування на біологічне (матеріали біологічного походження, наприклад, лляна мотузка, стебла очерету тощо).

**Постановка проблеми.** Серед розмаїття будівельних матеріалів дрібноштучні стінові матеріали є основою індивідуального будівництва. З усіх альтернативних видів найприйнятнішими за ціною є пінобетонні вироби, що дають змогу знизити вартість житлового й промислового будівництва у 2-3 рази. Вироби з пінобетону призначені для мурування перегородок зовнішніх і внутрішніх стін, теплоізоляції покрівель, горищ, підлоги, заповнення пустот, звукоізоляції залізобетонного перекриття. Вони легкі, недорогі, мають достатні тепло- та звукоізоляційні властивості, екологічно безпечні. Дуже зручно, що вироби з пінобетону можна пиляти, свердлити, фрезерувати.

Пінобетон, як і будь-який інший матеріал на цементі, з часом накопичує міцність. Його вважають негорючим будівельним матеріалом.

Технологія виготовлення пінобетону є досить простою: до приготованої цементної суміші додається піна зі спеціального агрегату – піногенератора. Пісок можна замінити на шлак, золу, дрібний вапняк. За екологічними властивостями пінобетон наближається до дерева, але є довговічнішим. Після перемішування компонентів суміш пористої структури готова для формування будь-яких будівельних виробів у камерах з атмосферним тиском. Завдяки простій технології вартість пінобетонних виробів на 25% нижча за вартість

аналогічних виробів із газобетону. Сучасна технологія дозволяє виготовляти конструктивно-теплоізоляційні вироби густиною не більше ніж 500-800 кг/м<sup>2</sup>.

Водночас коміркові бетони належать до крихких бетонів, які без додаткових елементів важко використовувати як пролітні конструкції, що має важливе значення в будівельній індустрії. Наявні дослідження та розробки зазвичай стосуються традиційного армування сталевую арматурою.

Застосування традиційного металевого армування в піно- чи газобетонних елементах вимагає спеціального різального інструменту для його обробки, наприклад, коли частину необхідно відрізати. Тому багато проблем було б знято, якби вдалося замінити робочу арматуру таких конструкцій на таку, що легко піддається обробці, навіть звичайними інструментами широкого вжитку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Першим етапом у розвитку коміркових бетонів було дослідження технології неавтоклавного теплоізоляційного пінобетону. Цей етап охоплює період з 1926 до 1930 року. Видатні вчені А. А. Брюшков, М. Н. Гензлеров, Б. Н. Кауфман та інші вивчили технологію виготовлення та властивості цього матеріалу.

В основу технології теплоізоляційного пінобетону був покладений принцип отримання коміркової суміші на суто цементних суспензіях без введення будь-яких дрібномелених добавок, з витримуванням його до дозрівання впродовж 30 днів за сильного зволоження.

З 1930 року теплоізоляційний пінобетон почали використовувати в практиці будівництва.

Другий етап у розвитку технології коміркових бетонів припадає на 1936-1938 роки, коли І. Т. Кудряшов провів експериментальні дослідження з метою отримання конструктивного коміркового бетону з вищими показниками міцності.

У результаті проведеної роботи отримано матеріал, який мав не лише добрі теплоізоляційні властивості, а й міг слугувати як несуча конструкція, наприклад, у вигляді плит покриття виробничих будівель.

У 1948 році К. Д. Некрасов уперше провів дослідження з метою отримання теплоізоляційного неавтоклавного жаростійкого пінобетону. Отримання жаростійкого пінобетону на основі портландцементу ґрунтується на тих самих принципах, що й отримання жаростійких бетонів.

З 1952 року почали проводити роботи з подальшого вдосконалення технології конструктивних коміркових бетонів з метою використання їх для виготовлення різноманітних великорозмірних виробів для житлового і промислового будівництва.

Сьогодні в більшості країн Європи, Азії та Америки використовують конструктивні елементи з пінобетону.

**Постановка завдання.** У пінобетонних пролітних конструкціях зазвичай використовують сталеву арматуру гладкого чи періодичного профілю. Експериментально-теоретичні дослідження інших типів армування, їх застосування в будівельній практиці, методики розрахунку конструкцій з нетрадиційним армування вивчені й застосовуються недостатньо. Проблеми, пов'язані з використанням матеріалів, які могли б замінити дерев'яні пролітні конструкції і легко оброблялися, були міцними й недорогими, є досить актуальними для України, з її недостатніми великими запасами будівельної деревини у період інтенсивного розвитку громадського та індивідуального будівництва. Один зі способів вирішення зазначеної проблеми – заміна традиційного армування на біологічне (матеріали біологічного походження, наприклад, лляна мотузка тощо).

**Виклад основного матеріалу.** Для вивчення проблеми впливу біологічного армування на міцність пінобетонних балкових зразків досліджували елементи, де як робоча поздовжня арматура були використані добре висушені лляні мотузки діаметром 5 мм. Для зміни зчеплення мотузки з пінобетоном балки армували звичайною гладкою лляною мотузкою, мотузкою з вузликами, які виконували з кроком 20 і 10 см.

Перед початком експериментальних досліджень балкових зразків на згин визначали фізико-механічні властивості матеріалів – пінобетону та лляної мотузки.

Результати проведених випробувань та обчислень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати визначення  
основних фізико-механічних властивостей пінобетону

Показник		Значення
$R$ , МПа	Кубикова міцність	1,24
$R_b$ , МПа	Призмova міцність	0,99
$R_{bt}$ , МПа	За формулою Фере	0,27
$E \times 10^{-3}$ , МПа	За емпіричною формулою	2,89
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Густина	750

Дослідження пінобетонних балкових зразків на згин виконували на дослідному стенді в лабораторії будівельних матеріалів. Зразки

завантажували однією зосередженою силою, прикладеною посередині прольоту дослідного зразка на верхній його грані (рис. 1).

Прогини балок вимірювали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Індикатори встановлювали посередині прольоту дослідного зразка на осі прикладання зовнішнього навантаження (зосередженої сили) (див. рис. 1).

Після кожного доданого блока, якими завантажували пінобетонні балкові зразки, витримували навантаження протягом 15–20 хв та знімали покази індикаторів.

Оскільки пінобетонний елемент є одним із різновидів бетонних, а якщо пінобетон армований, то й залізобетонних елементів, в їх роботі можна відстежити подібні процеси, які відбуваються в останніх. Водночас пінобетон накладає свої особливості на етапи роботи таких конструкцій. Суттєву роль відіграє армування пінобетонних елементів, яке впливає на напружено-деформований стан пінобетону, чи то біологічної, чи звичайної поздовжньої арматури на всій довжині конструктивних елементів.

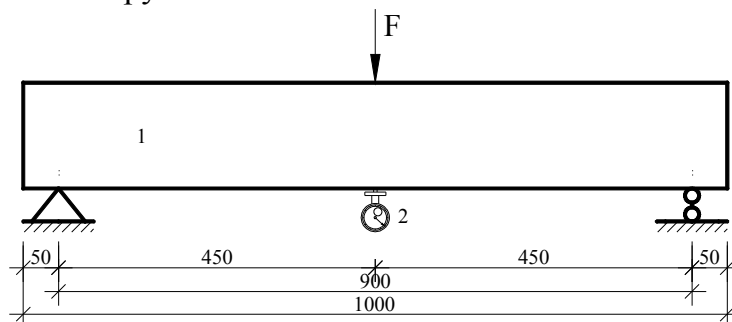


Рис. 1. Схема розміщення вимірювальних приладів: 1 – пінобетонна балка;  
2 – прогиномір.

У дослідженні пінобетонних балкових зразків вже від початку проявилися особливості роботи таких елементів. Зокрема, друга стадія роботи в таких елементах відсутня (робота елементів із тріщинами) або тривалість її є незначною. Оскільки пінобетон досить крихкий матеріал, то й розрахунковий опір на розтяг є незначним. Тому процес тріщиноутворення в пінобетонних балкових зразках тривав недовго або майже миттєво, тобто балкові зразки пружно працювали до певного рівня навантаження, далі виникли невеликі за довжиною

$((1/10-1/20)h)$  нормальні тріщини практично по всій довжині пінобетонної балки, відтак з'явилася домінуюча тріщина, яка перетинала від 80 до 100% висоти балкового зразка, що спричинило розвиток значних деформацій, і елементи переходили в третю, завершальну, стадію – руйнування.

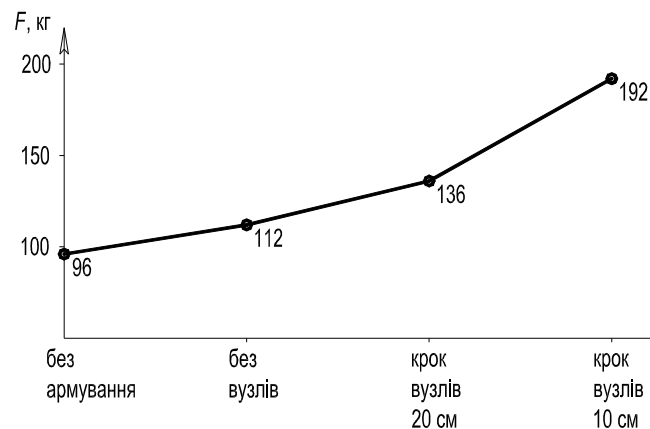


Рис. 2. Залежність міцності балкових елементів від наявності гнучкого біологічного армування з різним ступенем зчеплення.

Згідно з положеннями, викладеними в нормативній літературі, зокрема в СНиП 2.03.01-84\*, роботу залізобетонних конструкцій під навантаженням можна поділити на два етапи:

- у бетоні розтягнутої зони відсутні тріщини і конструкція є суцільним пружно-пластичним тілом;
- конструкція працює з тріщинами в розтягнутій зоні.

Як і в залізобетонних елементах, на початкових стадіях завантаження пінобетонних балкових зразків графіки прогинів були прямолінійними. За утворення перших незначних нормальних тріщин з'являється відхилення від прямої лінії і починається значний приріст прогинів, який значно випереджує приріст зовнішнього навантаження. У результаті графіки прогинів все більше викривляються, що пов'язано зі зменшенням жорсткості перерізу балки. Таку залежність

можна побачити в усіх дослідних зразках. Результати отриманих експериментальних прогинів показано на рис. 3. і в табл. 2.



Рис. 3. Залежність прогинів балкових елементів від наявності гнучкого біологічного армування з різним ступенем зчеплення та рівня завантаження.

Таблиця 2

Експериментальні значення прогинів пінобетонних балкових  
зразків із гнучким біологічним армуванням

$F$ , кг	Прогини $f$ , мм, за			
	армування відсутнє	армування гладкою лляною мотузкою	армування лляною мотузкою з кроком вузлів 20 см	армування лляною мотузкою з кроком вузлів 10 см
1	2	3	4	5
8	0,08	0,05	0,01	0,01
16	0,12	0,10	0,04	0,02
24	0,13	0,12	0,06	0,08
32	0,14	0,13	0,08	0,09
40	0,15	0,15	0,12	0,10
48	0,18	0,17	0,14	0,11
56	0,20	0,18	0,15	0,14
64	0,22	0,20	0,20	0,16
72	0,25	0,25	0,24	0,20
80	0,29	0,28	0,26	0,21
88	0,35	0,32	0,31	0,23
96	0,39	0,36	0,36	0,25
104		0,37	0,37	0,29
112		0,40	0,38	0,29
120			0,39	0,31
128			0,39	0,34
136			0,42	0,36
144				0,37
152				0,38
160				0,41
168				0,42

176				0,44
184				0,45
192				0,48

Аналіз експериментальних даних показав, що збільшення ступеня зчеплення та наявність гнучкого біологічного армування спричинює підвищення міцності пінобетонних балок, хоча це, можливо, передчасний висновок, адже проведена кількість випробувань була дещо замалою для об'єктивності, хоча певна залежність все-таки простежується.

Отже, встановлення гнучкого біологічного армування в пінобетонних елементах зменшує прогини останніх під навантаженням.

### **Висновки**

1. На основі проведених експериментальних і теоретичних досліджень встановлено не лише якісну, а й кількісну картину позитивного впливу біологічного гнучкого армування на підвищення міцності та зменшення деформативності (прогинів) згинаних пінобетонних балок неавтоклавного твердіння.

2. Досліджено несучу здатність і деформативність пінобетонних балок із біологічним гнучким армування і без нього.

3. Наявність біологічного гнучкого армування в пінобетонних балках дає змогу збільшити несучу здатність на 10-15%.

4. Встановлення біологічного гнучкого армування сприяє зменшенню прогинів пінобетонних балок.

5. На основі отриманих дослідних даних можна рекомендувати застосування біологічного армування в таких конструкціях:

а) лляна мотузка цілком задовільно може виконувати роль несучої робочої арматури;

б) використовуючи такий тип армування (не лише лляну мотузку, а й інші елементи біологічного походження), можна виконувати пролітні конструкції, здатні конкурувати з дерев'яними елементами, адже такий пінобетон легко механічно обробляти;

в) для повнішого використання міцнісних характеристик лляної мотузки як арматури, необхідно в процесі бетонування захистити її від зволоження та забезпечити надійніше зчеплення з масивом пінобетону.

### **Бібліографічний список**



1. Кривицкий М. Я. Ячеистые бетоны (технология, свойства, конструкции) / М. Я. Кривицкий, Н. И. Левин, В. В. Макаричев. – М. : Стройиздат, 1972. – 136 с.
2. Берг О. Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона / О. Я. Берг. – М. : Стройиздат, 1962. – 96 с.
3. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции : нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.
4. Соппротивление материалов / [Г. С. Писаренко, В. А. Агарев, А. Л. Квитка и др]. – К. : Вища шк., 1986. – 776 с.

**Фамуляк Ю., Волюнец М. Использование гибкого биологического армирования в пенобетонных балковых элементах**

В пролётных конструкциях из пенобетона в основном используется металлическая арматура гладкого или периодического профиля. Экспериментально-теоретические опыты других видов армирования, их использование в строительной практике, методы расчета таких конструкций с нетрадиционным армированием изучены и используются недостаточно. Одним с путей решения данной проблемы может стать замена традиционного армирования биологическим (материалами биологического происхождения, например, льняной верёвкой, стеблями камыша и т.п.).

**Ключевые слова:** пенобетон, биологическое армирование, прочность, деформативность, прогибы.

**Famulyak Y., Volynych M. Used bending biological reinforcement in foam concrete of beams elements**

Today, the steel cable of smooth or periodical type are used, mainly, in the aisle foam concrete constructions. The experimental theoretical recerch of other types of reinforcement its use in the building practice, methods of calculation such constructions with untraditional reinforcement are learnt and used insufficiently. One of the way of settle this problem is exchange the traditional reinforcement of biological reinforcement (biological materials by origin, for example, flax rope, rust stalk ets).

**Key words:** foam concrete, biological reinforcement, durability, deformation, sagging.