

УДК 624.01

ЗВАРНА СІТКА ЯК ЕЛЕМЕНТ АРМУВАННЯ ЗГИННИХ КОМПЛЕКСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

Б. Демчина, д.т.н.

Національний університет «Львівська політехніка»,

Ю. Фамуляк, к.т.н., С. Бурчеля, к.т.н.

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Доцільність використання виробів із ніздрюватих бетонів підтверджено низкою досліджень та виробничим досвідом у будівельній практиці України, Польщі, Німеччини та інших зарубіжних країн [1-3]. У багатьох країнах ніздрюваті бетони широко застосовують як у житловому, так і в промисловому будівництві.

Найпопулярнішими серед ніздрюватих бетонів у будівництві є піно- та газобетони, що дають змогу знизити вартість житлового й промислового будівництва в декілька разів. Щоб утворити ніздрювату структуру в таких бетонах, застосовують переважно два способи: додавання до водної суспензії змішаних матеріалів газоутворювальних добавок, або змішування суспензії з піною. Матеріал, виготовлений за першим способом, має назву «газобетон», а за другим – «пінобетон». Роль в'язучого для приготування цих коміркових бетонів зазвичай виконує цемент.

Вироби з піно- чи газобетону призначені для мурування перегородок зовнішніх та внутрішніх стін, теплоізоляції покрівель, горищ, підлоги, заповнення пустот, звукоізоляції залізобетонного перекриття [4; 5]. Вони легкі, недорогі, з достатніми тепло- та звукоізоляційними властивостями, екологічно безпечні; окрім того, такі вироби можна пиляти, свердлити, фрезерувати.

Піно- й газобетон, як і будь-які інші матеріали на основі цементу, з часом накопичують міцність [6; 7]. Їх вважають негорючими будівельними матеріалами. Наявність пор у таких бетонах забезпечує декілька важливих особливостей: низьку теплопровідність, малу вагу і простоту обробки.

За своїми несучими властивостями ніздрюваті бетони належать до крихких бетонів, тому без додаткових засобів, які би сприймали розтягувальні зусилля, їх важко використовувати як пролітні згинані конструкції, а без встановлення засобів, які би сприймали стискальні зусилля, – такі конструкції важко використовувати як центрально й позацентрово стиснуті конструктивні елементи, що має важливе значення в будівельній індустрії.

Найвні дослідження та розробки стосуються здебільшого конструктивних елементів, виконаних з однорідного ніздрюватого бетону з традиційним армуванням металевою стрижневою арматурою гладкого чи періодичного профілів або без армування. Застосування комплексних елементів із ніздрюватих бетонів, які б давали змогу в одному перерізі поєднувати легкість, тепло- та звукоізоляційні властивості легких бетонів і міцнісні характеристики конструкційних легких бетонів, які додатково армуються не традиційною стрижневою металевою арматурою, а використовують інший тип армування (наприклад, гнучке чи жорстке армування біологічного чи органічного походження, різноманітні типи сіток, металевих і неметалевих, тощо) [7], вивчені й застосовують недостатньо, і тому їх не так широко використовують у будівельній практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наш час виробу з піно- та газобетону набувають дедалі ширшого застосування в будівництві не лише у вигляді дрібноштучних елементів, а й як пролітні конструкції. Водночас у таких конструкціях здебільшого використовують традиційну стрижневу сталеву арматуру. Відповідаючи на запити сьогодення, науковці активно вивчають цю проблему у своїх дослідженнях. Щодо сучасних наукових шкіл, які вивчають легкі ніздрюваті бетони в Україні, варто відзначити школи, сформовані в містах Одесі (під керівництвом В.А. Вознесенського, О.С. Шинкевича, В.І. Мартинова, В.М. Вирового, А.І. Костюка та ін.), Дніпропетровську (під керівництвом А.П. Приходька), Києві (П.В. Кривенко) та Львові (М.А. Саницький, Б.Г. Демчина). Якщо ж говорити про армовані конструкції з піно- та газобетону, то тут варто виокремити дослідження науковців, які працювали над цією проблемою зі середини ХХ століття, а саме: П.А. Теслер, Є.Н. Добринін, В.А. Пінскер, К.М. Рома-новська, Н.І. Левін, В.В. Макаричев, М.Я. Кривицький, Б.П. Філіпов, О.П. Вінокуров, Є.М. Бабич, В.С. Пісарєв, А.Г. Почтенко та ін. Хоча дослідженню пролітних конструкцій все-таки приділяли недостатньо уваги.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – довести можливість використання та позитивний вплив на загальну роботу згинаної комплексної газобетонної балочки зі шлакобетонним захисним шаром зварної металевої сітки.

Виклад основного матеріалу. З метою вивчення роботи комплексних легкобетонних згинаних елементів із нетрадиційним армуванням у вигляді металевої зварної сітки та її впливу на міцність і несучу здатність були проведені експериментальні дослідження балкових зразків з різною схемою армування.

Для бетонування дослідних зразків використовували газобетон, що слугував серцевиною поперечного перерізу, та шлакобетон, з якого виконували зовнішню оболонку балкового зразка. Шлакобетон належить до легких конструкційних бетонів, заповнювачем в якому слугують металургійні або паливні шлаки, попередньо подрібнені, пересіяні й очищені від шкідливих домішок. Вибір шлакобетону як зовнішньої оболонки комплексного легкобетонного елемента зумовлений тим, що такий матеріал недорогий, із простою технологією приготування.

Газобетонну серцевину дослідних зразків виконували з готового газобетонного блоку фірми «Стоун Лайт» (м. Бровари Київської області). Готовий газобетонний блок розрізали на балочки розмірами 40×80×600 мм.

Зовнішній захисний шар був виконаний зі шлакобетону завтовшки 2 см. Шлакобетон замішували в такій пропорції: сім частин шлаку, дві частини піску, півтора частини цементу марки М400 та дві частини води.

Армування дослідних балок було виконано металевою зварною сіткою з розміром вічок 10×10 мм та діаметром дротин 2 мм. Розрахунковий опір на розтяг зварної металевої сітки становив – $R_{\text{сітки}} = 230$ МПа. Металеву сітку втоплювали у шлакобетонну оболонку дослідного зразка.

Фізико-механічні властивості газо- та шлакобетонів на стиск визначали за результатами випробування контрольних кубів з ребром 100 × 100 мм на лабораторному пресі П-10.

З метою вивчення роботи згинаних комплексних газозлакобетонних балкових елементів із захисним армованим та неармованим шлакобетонними шарами було запроєктовано і виготовлено сім дослідних балок. Загальна довжина балок становила 640 мм. Поперечний переріз першої дослідної балки становив 40 × 80(h) мм (газобетонна балка без захисного шару), решта дослідних балок – перерізом 80 × 120(h) мм (газозлакобетонні балки із захисним шаром зі шлакобетону завтовшки 20 мм). Крім того, дослідні газозлакобетонні балки із захисним шаром були виконані з різною схемою армування зварною металевою сіткою, а одна балка була виконана без армування.

Балкові конструкції виготовляли у збірно-розбірній металевій формі. Спочатку у форму вкладали шар шлакобетону, далі – підготовлений плоский чи U-подібний каркас зі зварної сітки, який заглиблювали на 5 мм у шар шлакобетону.

Після встановлення каркаса, занурення його в шар шлакобетону, поверх плоского чи всередину U-подібного армокаркаса вкладали балку з газобетону розмірами 40 × 80 × 600 мм. Бічні проміжки між балкою та формою щільно заповнювали шлакобетоном так, щоб не порушити проектного положення армокаркаса й газобетонної балки (рис. 1).



Рис. 1. Вкладання газобетонної балки у форму

Верхній захисний шар зі шлакобетону вкладали поверх газобетонної балки після ущільнення шлакобетону в бічних проміжках. Заповнення бічного проміжку між газобетонною балкою та формою і верхній захисний шар вкладали якомога швидше, без технологічних перерв, щоб досягти однорідності захисного шару.

Усі виготовлені балкові зразки зберігали за належного температурно-вологісного режиму протягом 28 діб, для того щоб матеріал набув маркової міцності.

Армування дослідних балок були такими:

- ✓ балка № 1 – газобетонна балка без захисного шару;
- ✓ балка № 2 – газошлакобетонна балка із захисним шаром зі шлакобетону без армування;
- ✓ балка № 3 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням плоскою зварною сіткою в нижній зоні;
- ✓ балка № 4 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням *U*-подібною зварною сіткою на $\frac{1}{3}$ висоти балки;
- ✓ балка № 5 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням *U*-подібною зварною сіткою на $\frac{1}{2}$ висоти балки;
- ✓ балка № 6 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням *U*-подібною зварною сіткою на всю висоту балки;
- ✓ балка № 7 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням периметральною зварною сіткою.

Дослідження комплексних газошлакобетонних балкових зразків на згин виконували на дослідному стенді в лабораторії будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету. Завантаження зразків проводили двома зосередженими силами, прикладеними на відстані 225 мм від опори дослідного зразка на верхній його грані (рис. 2). Балки опиралися на дві опори: рухому й нерухому. Навантаження створювали за допомогою гідравлічного домкрата. Балки перед випробуванням детально виставляли у вертикальному положенні, що дало змогу уникнути будь-якого відхилення балкового зразка у процесі завантаження й руйнування. Така дія – досить важлива для отримання достовірних експериментальних даних.



Рис. 2. Дослідний стенд для випробування комплексних газошлакобетонних балкових зразків

Прогини балок вимірювали за допомогою індикатора годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Індикатор був встановлений посередині прольоту дослідного зразка і закріплений на незалежному штативі, що давало змогу унеможливити зовнішні впливи на покази індикатора у процесі завантаження (див. рис. 2).

Після кожного ступеня завантаження, що становило 0,50 кН, дослідні балки витримували під навантаженням протягом 15-20 хв. та знімали покази індикатора.

Під час проведення експериментальних досліджень були отримані такі результати:

- під час дослідження комплексних газошлакобетонних балкових зразків із захисним шаром зі шлакобетону вже зі самого початку проявилися особливості роботи таких елементів. Зокрема друга стадія роботи в таких елементах або відсутня, або тривалість її незначна. Оскільки газо- і шлакобетон – досить крихкі матеріали, то й їх розрахунковий опір на

розтяг неістотний. Тому процес тріщиноутворення в комплексних газошлакобетонних балкових зразках із захисним шаром зі шлакобетону (особливо неармованих) тривав не довго або відбувався майже миттєво, тобто балкові зразки пружно працювали до певного рівня навантаження, після чого виникли невеликі за довжиною $((1/10-1/20)h)$ нормальні тріщини практично за всією довжиною балки;

- за подальшого збільшення навантаження виникла домінуюча тріщина, яка перетинала від 80 до 100 % висоти балкового зразка, що спричинило розвиток істотних деформацій і елементи переходили у третю завершальну стадію – стадію руйнування.

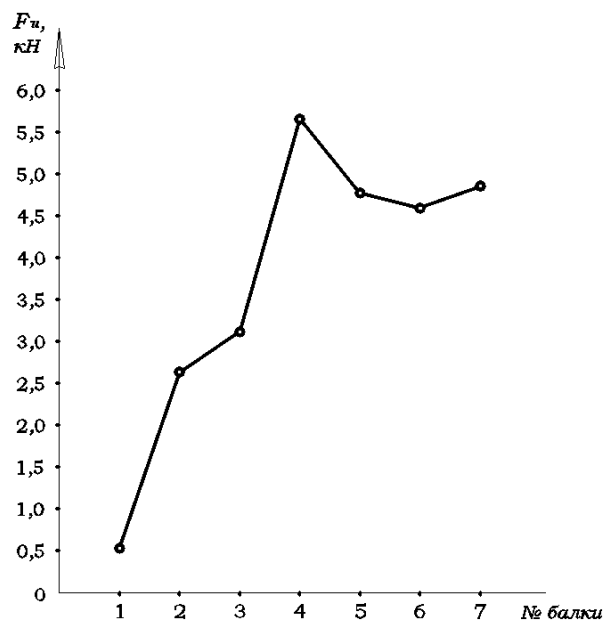


Рис. 3. Залежність міцності балкових зразків від наявності та схеми армування

Як видно з графіків (див. рис. 3, 4), найкращий результат за міцністю отримано під час випробовування балки під номером 4. Армування в ній розміщено в нижній частині і виконано у вигляді U-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки, а відгини сітки заведені на $1/3$ висоти газобетонного осереддя балки. Збільшення висоти відгинів сітки (на $1/2$ чи всю висоту газобетонної балки) або використання периметрального армування газобетонного осереддя, очікуваного приросту несучої здатності балки не спричинило. Руйнування ж таких дослідних балок відбулося практично за однакових значень руйнівного зусилля. Щодо прогинів, то найкращий результат отримано за випробування балки № 6 (армування

виконано у вигляді *U*-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки на всю висоту газобетонного осереддя).

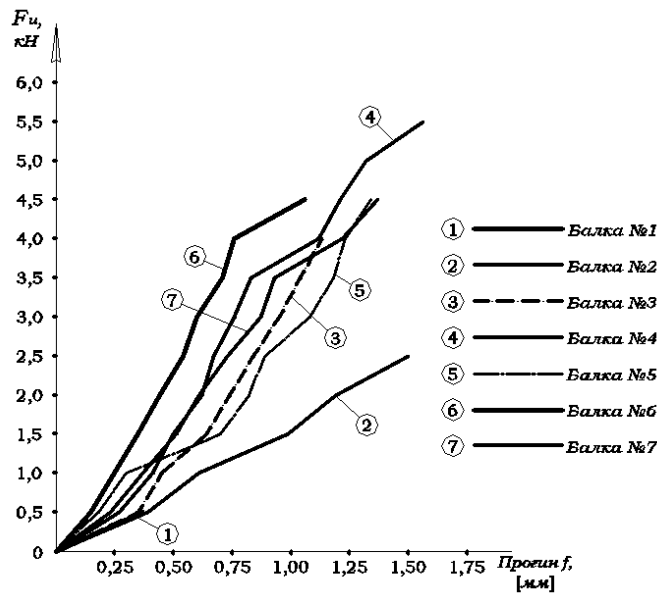


Рис. 4. Залежність прогину дослідних балкових зразків від навантаження

Висновки. На основі проведених експериментальних досліджень балок із ніздрюватих бетонів з нетрадиційним армуванням та їх аналізу можна дійти таких висновків:

1. У результаті проведення експериментальних досліджень було встановлено позитивний вплив армування зварною сіткою на роботу згинаних комплексних газошлакобетонних балок.

2. Досліджено несучу здатність і деформативність комплексних газобетонних балок зі шлакобетонним захисним шаром, армованим та неармованим зварною металевою сіткою.

3. Комплексна газошлакобетонна балка з армуванням у вигляді *U*-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки з відгинами на $\frac{1}{3}$ висоти газобетонного осереддя показала найкращі результати (на 16-45% збільшилися момент тріщиноутворення та руйнівне навантаження порівняно з комплексними балками з іншими схемами армування та на 53% порівняно з комплексною балкою без армування). За прогинами найкращий результат було отримано під час дослідження балки з армуванням у вигляді *U*-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки з відгинами на всю висоту газобетонного осереддя.

4. Наявність армування у вигляді *U*-подібного просторового каркаса зі зварної сітки позитивно впливає на несучу здатність комплексних згинаних легкобетонних конструкцій лише до певної межі. Збільшення висоти відгинів сітки чи використання периметрального армування газобетонного осереддя очікуваного приросту несучої здатності балки не спричинює, а зменшує лише прогини.

5. На основі отриманих експериментальних даних можна запропонувати такі рекомендації щодо застосування зварної сітки під час армування комплексних газобетонних балок із захисним шаром зі шлакобетону:

а) зварна сітка цілком добре може виконувати роль несучої робочої арматури;

б) найсприятливішим з поміж запропонованих варіантів армування є використання зварної сітки у вигляді *U*-подібного каркаса, який заходить на $1/3-1/2$ висоти перерізу комплексної газошлакобетонної балки, оскільки такий варіант армування забезпечує найкращі міцнісні характеристики елемента, у тому числі роботу на згин.

Бібліографічний список

1. Бабич Е. М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях / Е. М. Бабич. – К. : Выща шк., 1988. – 207 с.
2. Исследование ячеистых бетонов и конструкций : сб. науч. тр. / гл. ред. Серых Р. Л. ; ред. Муромский К. П. – М. : НИИЖБ, 1989. – 111 с.
3. Кривицкий М. Я. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции) / М. Я. Кривицкий, Н. И. Левин, В. В. Макаричев. – М. : Стройиздат, 1972. – 137 с.
4. Опекун В. В. Пористі композиційні матеріали та їх використання у будівництві / В. В. Опекун. – К. : Академія будівництва України, 2006. – 85 с.
5. Паплавскис Я. Теплотехнические свойства стен из ячеистого бетона / Я. Паплавскис, Ю. Новикс // Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве : сб. науч. трудов. – Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – Вып. 2. – С. 193-196.
6. Саницький М. А. Пінобетон на модифікованих портландцементях / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, В. В. Ілів // Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля : VIII Міжнар. наук. конф., Львів, Кишице, Жешув, 6-11 жовтня 2003 р. : зб. матеріалів конф. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2003. – С. 23-36.
7. Патент України на корисну модель, u2014 11750 МПК E04C 5/02 (2006.01). Пролітний газобетонний елемент з двостороннім вертикальним армуванням зварною сіткою / Фамуляк Ю.С.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т – №99447, заявл. 30.10.2014; опубл. 10.06.2015. Бюл. № 11.

Демчина Б., Фамуляк Ю., Бурченя С. Зварна сітка як елемент армування згинаних комплексних елементів з ніздрюватих бетонів

Згинані конструктивні елементи з піно- та газобетону звичайно виконують однорідними, а для армування використовують сталеву арматуру гладкого чи періодичного профілю. Експериментально-теоретичні дослідження комплексних пролітних елементів із ніздрюватих бетонів та інших типів армування, застосування їх у будівельній практиці, методики розрахунку таких конструкцій із нетрадиційним армуванням вивчені й застосовують недостатньо. Один зі шляхів вирішення проблеми – заміна традиційного армування на нетрадиційне (наприклад, на матеріали біологічного чи органічного походження, різні види сіток тощо).

Подано результати експериментально-теоретичних досліджень шлакогазобетонних згинаних елементів та вказано на особливості їх роботи під навантаженням.

Ключові слова: комплексний легкобетонний елемент, газобетон, шлакобетон, нетрадиційне армування, міцність, несуча здатність, деформативність.

Demchyna B., Famulyak Y., Burchenya S. Welded wire mesh as part reinforcement complex elements from cellular concrete

Span constructive elements of foam-concrete and aerated concrete are performed similar as usual, reinforcement is performed by steel armature smooth or periodic profile. Experimental and theoretical research of comprehensive light concrete span elements and other types of reinforcement, their use in the methods of calculation such the constructions with untraditional reinforcement are not explored and used enough. One way to solve the problem – replacing traditional reinforcement to untraditional one (for example, organic or biological materials, different kinds of grids).

The results of experimental and theoretical research of slag aerated concrete bent elements, the features of their work under the load are presented in this article.

Key words: comprehensive light concrete element, aerated concrete, slag concrete, untraditional reinforcing, strength, load bearing capacity, deformation.

Демчына Б., Фамуляк Ю., Бурченя С. Сварная сетка как элемент армированиягибаемых комплексных элементов из ячеистого бетона

Сгибаемые конструктивные элементы с пено- и газобетона обычно выполняют однородными, а для армирования используют стальную арматуру гладкого или периодического профиля. Экспериментально-теоретические исследования комплексных пролетных элементов с ячеистых

бетонов и других типов армирования, применение их в строительной практике, методики расчета таких конструкций с нетрадиционным армированием изучены и применяются недостаточно. Один из путей решения проблемы – замена традиционного армирования на нетрадиционное (например, на материалы биологического или органического происхождения, различные виды сеток и т.п.).

Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований шлакогазобетонных изгибаемых элементов и указано на особенности их работы под нагрузкой.

Ключевые слова: комплексный легкобетонный элемент, газобетон, шлакобетон, нетрадиционное армирование, прочность, несущая способность, деформативность.

УДК 624.12

ВПЛИВ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЗА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОГО РОЗТРИСКУВАННЯ БЕТОНУ

*І. Добрянський, д. т. н., професор, Л. Добрянська, к. е. н.,
А. Грицевич, старший викладач, О. Грицина, аспірант
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Вплив примусового охолодження на термонапружений стан у деформівних твердих тілах, що перебувають в умовах дії концентрованих теплових потоків, досліджено у працях [1–3], де встановлено умови, за яких суттєво відчутний вплив охолодження. Експериментальні дослідження температурних режимів показали, що за відсутності систем примусового охолодження тепловіддача у процесі короткочасного (для чисел Фур'є менше ніж десять) нагрівання становить менше 5% від загальної кількості тепла. Це припущення тим точніше, чим менше число Рейнольдса для повітряного потоку, яке обтікає тіло [4]. Треба відзначити, що адіабатичність вільної поверхні контактуючих тіл вносить найістотніші спрощення у процес розв'язку теплової задачі. Для оцінки максимальної величини критерію Біо $Bi = h_a / K$ за обтікання сфери радіуса R повітрям можна скористатися даними праці [4]. Коефіцієнт тепловіддачі h можна знайти за критерієм Нуссельта – $h = (K_b / R)Nu$, де $K_b = 0,025 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – теплопровідність сухого повітря за температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Отже, $Bi = (K_b a / KR)Nu$. За вимушеної конвенції повітря критерій