

Подальше збільшення відборів газу призводить до переходу роздільника із режиму нагрівання газу в режим дроселювання із від'ємними значеннями температури газу. Для даної ГРС на основі формули (4) розрахований внутрішній діаметр такого газопроводу 20 мм, завдовжки 2 м для максимальної витрати газу на ГРС 10 000 м<sup>3</sup>/год. Залежно від ступеня відкривання крану на (рис. 3, крива – 2) встановлена залежність  $\Delta t_H^r$  від  $\epsilon$ , тобто збільшення ефективності нагрівання газу в роздільнику за рахунок зменшення ефективності відділення нагрітого потоку без впливу відборів газу на ГРС. Як видно із рис. 3 ефективність нагрівання природного газу  $\Delta t_H^r$  можна майже вдвічі збільшити за рахунок зменшення ефективності відділення нагрітого потоку  $\epsilon$ , тобто за рахунок пропуску частини потоку нагрітого після роздільника газу в розподільний газопровід.

**Висновки.** Встановлена залежність ефективності нагрівання природного газу від ефективності енергетичного розділення на основі експериментальних залежностей визначення ефективності нагрівання повітря від ефективності енергетичного розділення стисненого повітря, а також проведених досліджень ефективності енергетичного роздільника природного газу на діючій ГРС. Ефективність нагрівання можна майже вдвічі збільшити за рахунок відбору частини нагрітого в енергетичному роздільнику потоку газу і подачі її в розподільний газопровід.

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1969. – 183 с. 2. Fulton C.D. Ranque's Tube // Refr. Eng. – 1950, Vol. 58. – № 5. – P. 473–479. 3. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? – М.: Энергия, 1976. 4. Балінський І., Кашина О., Коваль Р., Банахевич Ю. Газорозподільна станція з енергетичним розділювачем для нагрівання природного газу // Нафта і газ України. Зб. наук. пр.: Матеріали 6-ї МНПК “Нафта і газ України – 2000”. – Івано-Франківськ, 31 жовтня – 3 листопада 2000 р. – Івано-Франківськ, Факел. – 2000. – Том 3. – С.48 – 49. 5. Балінський І.С. Дослідження енергетичного розділювача стиснутих газів // Вісн. ДУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетичні системи та пристрої”. – 1994. – №282. – С.4 – 6. 6. Балінський І.С. Дослідження ефективності енергетичного розділювача природного газу // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1995. – № 291. – С.5 – 7. 7. Балінський І.С. Дослідження ефективності діючого енергетичного роздільника природного газу // Вісн. ДУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетика, інженерія довкілля. Автоматизація”. – 1997. – № 318. – С. 5 – 7. 8. Патент України на винахід №43673А. Газорозподільна станція. Балінський І.С., Коваль Р.І., Банахевич Ю.В., Кашина О.О. Бюл. №11 від 17.12.2001р. 9. Кашина О., Балінський І. Ефективність енергетичного розділення стиснутих природного газу і повітря // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – 2001. – №432. – С.106 – 109. 10. Кашина О.О., Балінський І.С. Підвищення ефективності процесів нагрівання при будівництві газових мереж // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – 2002. – № 462. – С. 66–68.

УДК624.012

В.В. Білозір

Львівський державний аграрний університет,  
кафедра будівельних конструкцій

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ШАРОМ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ

© Білозір В.В., 2004

*Розглянуто підходи до підвищення несучої здатності сталевібробетонних конструкцій з шаром сталевібробетону в розтягнутій зоні. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні нових та підсиленні конструкцій, які експлуатуються.*

**Постановка проблеми.** Зниження матеріаломісткості будівельних конструкцій є важливим питанням, яке особливо актуальне для сталевібробетонних конструкцій, де металомісткість за інших однакових умов більша порівняно зі звичайними залізобетонними. Однак сталевібробетонні конструкції можуть бути конкурентоспроможними, адже працездатність таких конструкцій на 25...30 % менша порівняно з залізобетонними [1]. Вважається, що до 70 % типових залізобетонних

конструкцій можна успішно модифікувати з використанням сталевібробетону. Тому особливу увагу потрібно приділяти як розробці питань розрахунку цих конструкцій за обидвома групами граничних станів, обґрунтованому прогнозуванню їх надійності, так і розробці сучасних технологій їх виготовлення, що, в свою чергу, впливає на механічні характеристики сталевібробетону, міцнісні та деформативні параметри конструкцій. Саме з поданими вище питаннями потрібно пов'язувати проблему оптимізації конструктивних параметрів сталевібробетонних конструкцій.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Конструкції з шаром фібробетону в розтягнутій зоні досліджені мало. У роботі [2] подані результати експериментально-теоретичних досліджень залізобетонних балок, що працюють на згинання, підсилені шаром сталевібробетону в розтягнутій зоні. Автором показано, що за рахунок збільшення плеча внутрішньої пари сил і високого ступеня використання міцності сталевібробетону в розтягнутій зоні можна підвищити міцність і жорсткість балок при підсиленні. У роботах [3, 4] проведено оцінювання надійності формул для розрахунку міцності вказаних балок та показано, що ці формули достатньо добре погоджуються з результатами експериментів.

Однак сталевібробетон доцільно використовувати як матеріал для опалубки, яка не знімається, для підсилення стиснутої зони згинальних елементів. Питання теорії розрахунку, як і питання оптимізації конструктивних параметрів таких елементів, поки що не розроблені.

**Мета досліджень.** Поданий вище короткий аналіз стану питання свідчить про те, що спочатку необхідно розробити пропозиції щодо розрахунку міцності нормальних перерізів балкових елементів з шаром сталевібробетону у розтягнутій зоні, а потім – розробити методику їх оптимізації. Після експериментальної перевірки це дасть змогу інтенсифікувати впровадження у практику будівництва сучасних конструктивних вирішень з використанням ефективного матеріалу – сталевібробетону.

**Результати досліджень.** Нехай у балковому елементі виникає розрахункове значення згинального моменту  $M$ . Тоді можна запроектувати поперечний переріз сталевібробетонного елемента на бетоні з розрахунковим опором осьовому стискові  $R_b$ , висотою  $h$ , шириною  $b$ , армованого фібровою арматурою з розрахунковим опором  $R_f$ , довжиною фібри  $l_f$ , її діаметром  $d_f$ , коефіцієнтом зчеплення з бетоном  $\eta$  та з об'ємним коефіцієнтом армування  $\mu_{fv}$ . Значення внутрішнього моменту за умови прямокутної розрахункової епюри у розтягнутій зоні з ординатою, яка дорівнює розрахунковому опору сталевібробетону розтягові  $R_{fbt}$ , та прямокутної розрахункової епюри у стиснутій зоні з ординатою, яка дорівнює розрахунковому опору сталевібробетону стискові  $R_{fb}$ :

$$M = \frac{R_{fbt} R_{fb}}{R_{fbt} + R_{fb}} \frac{bh^2}{2}. \quad (1)$$

У цій формулі

$$R_{fbt} = k_{or}^2 \mu_{fv} R_f \left(1 - \frac{\eta d_f R_f}{l_f R_b}\right) + R_b (0,08 - 5,5 \mu_{fv}), \quad (2)$$

де  $k_{or}$  – коефіцієнт орієнтації фібри, який залежить від відношень  $h/l_f$  та  $b/l_f$  і подається у табл. 4 [1];

$$R_{fb} = R_b + (k_n^2 \varphi_f \mu_{fv} R_f), \quad (3)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт орієнтації фібри, який залежить від відношень  $h/l_f$  та  $b/l_f$  і подається у табл. 5 [1];

$\varphi_f$  – коефіцієнт, який залежить від  $k_n$ ,  $\mu_{fv}$ ,  $R_b$ ,  $R_f$ .

Якщо потрібно запроектувати елемент з шаром фібробетону в розтягнутій зоні, товщина якого  $h_f$ , то при прямокутній розрахунковій епюрі у розтягнутій і стиснутій зонах отримаємо:

$$M = R_{fbt} b h_f \left( h - \frac{h_f}{2} - \frac{x}{2} \right), \quad (4)$$

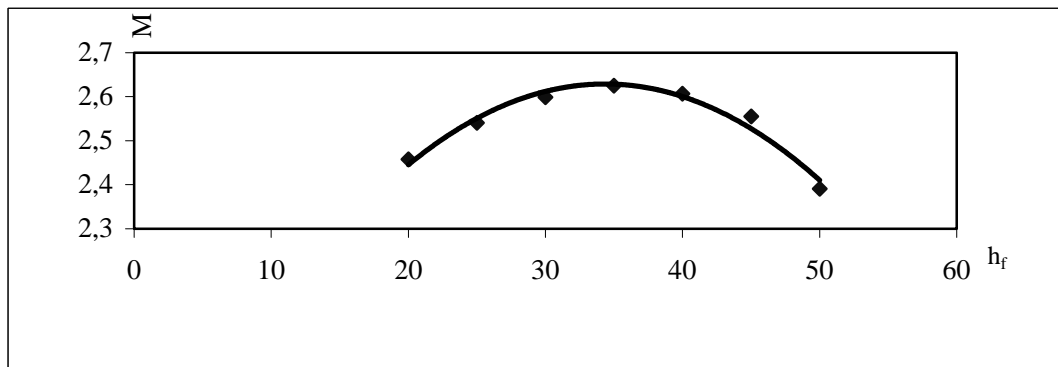
де  $x = \frac{R_{fbt} h_f}{R_b}$  – висота стиснутої зони.

Аналізуючи формули (1) і (4), бачимо, що  $R_{fbt}$  у балці з шаром сталевібробетону буде більшим, ніж у фібробетонній балці, за умови, що витрати фібри в обидвох балках однакові. Отримується такий ефект за рахунок кращої орієнтації фібр та збільшення коефіцієнта армування. Однак треба мати на увазі, що у першому випадку площа розтягнутої зони бетону може бути більшою, ніж у другому, а плече внутрішньої пари сил дорівнює  $h/2$ , а в другому випадку плече внутрішньої пари сил дорівнює  $h - \frac{h_f}{2} - \frac{x}{2}$ .

Тому можна поставити питання про призначення такої товщини шару фібробетону в розтягнутій зоні, щоб отримати максимальне значення несучої здатності. Цій умові відповідатиме рівняння:

$$\frac{dM}{dh_f} = 0. \quad (5)$$

Нами проведений числовий експеримент, який ілюструє потенційні можливості оптимізації параметрів армування елементів з шаром сталевібробетону в розтягнутій зоні. Прийняті такі параметри: поперечний переріз  $b \times h = 1500 \times 50$  мм;  $R_b = 11,5$  МПа; фібра з відпрацьованих сталевих канатів  $R_f = 550$  МПа,  $l_f = 60$  мм,  $d_f = 0,6$  мм. Висоту шару сталевібробетону  $h_f$  змінювали від 50 мм, при якому  $\mu_{fv} = 0,008$  до 20 мм, при якому  $\mu_{fv} = 0,0184$ . Далі зменшувати  $h_f$  недоцільно з технологічних міркувань, оскільки при високих значеннях  $\mu_{fv}$  виникають проблеми зі зручністю вкладування сталевібробетонної суміші [1]. Результати числового експерименту подані на рисунку.



Залежність несучої здатності  $M$  (кН\*м) від товщини шару сталевібробетону  $h_f$  (мм)

Таким чином оптимальна товщина шару сталевібробетону становить 34 мм. Несуча здатність підвищується при цьому приблизно на 10 % порівняно з плитою, у якій сталевібробетон займає весь переріз. Аналогічно можна поставити завдання пошуку оптимального  $\mu_f$  одночасно з  $h_f$ . Тоді необхідно  $k_{or}$  подати у вигляді функції з аргументами  $\frac{h}{l_f}$  та  $\frac{b}{l_f}$ , використавши дані табл. 4 [1], та розв'язати систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial M}{\partial h_f} = 0, \\ \frac{\partial M}{\partial \mu_{fv}} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** У результаті досліджень встановлено, що з метою підвищення несучої здатності доцільно проводити оптимізацію параметрів армування (висоти шару сталевібробетону у розтягнутій зоні та процента фібрового армування), що потребує апроксимації значень коефіцієнта орієнтації у вигляді функції двох аргументів. Результати досліджень, поданих вище, потрібно додатково перевірити експериментально, що дозволило б їх уточнити і перейти після цього до розробки високоефективних конструкцій (опалубки, яка не знімається). Доцільно також провести аналогічні дослідження щодо залізобетонних балкових і плитних елементів, підсилених шаром сталевібробетону в розтягнутій зоні.

*1. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 148 с. 2. Кричевский С.А. Прочность, деформативность и трещиностойкость торкретсталевібробетонных покрытий железобетонных балок: Дисс. канд. техн. наук: 05.23.01. – Киев, 1986. – 151 с. 3. Сунак П.О. Оцінка надійності сталевібробетонних елементів, що працюють на згинання, підсилених сталевібробетоном // Науково-практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій: Зб. наукових статей. – К.: МНС України, КНУБА. – 1999. – Вип 2. – С. 171. 4. Сунак П.О. Оцінювання надійності сталевібробетонних елементів: Дис. канд. техн. наук: 05.23.01. – Луцьк, 2000. – 155 с.*

**УДК. 629.014.2**

**М.Р. Більський**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельного виробництва

## **КІНЕТИКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОСИЛЮВАНИХ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ СТАЛЕВИХ СТИСНУТИХ СТРИЖНІВ**

© Більський М.Р., 2004

*Розглядається процедура попереднього напруження підсилюваних сталевих колон з детальним описом їх напружено-деформованого стану під час посилення під навантаженням*

**Актуальність проблеми.** Інтенсифікація виробництва і розвиток промисловості на основі науково-технічного прогресу передбачають регулярну модернізацію і заміну технологічного устаткування, що, в свою чергу, пов'язано із збільшенням чи зміною характеру діючих на будівельні конструкції навантажень і часто викликає необхідність збільшення їх несучої здатності.

Серед існуючих в Україні будівельних конструкцій маса металевих конструкцій становить більше ніж 36 мільйонів тонн.

Необхідність значного розвантаження металевих конструкцій у випадку підсилення їх поздовжньо стиснутих елементів традиційними способами за допомогою зварювання, слабе включення елементів посилення в роботу, наявність небезпечної стадії виконання такого підсилення (електродугове зварювання під навантаженням) визначили шляхи вирішення проблем підсилення металевих конструкцій під навантаженням.

Серед численних і разом з тим складних задач, що стоять на шляху вирішення проблеми підсилення металевих конструкцій, перше місце займають задачі скорочення простоїв основного виробництва під час підсилення і зниження витрат металу, оскільки підсилення металевих конструкцій існуючими традиційними методами приводить не тільки до великих витрат матеріалу, але і до значних збитків, які несуть підприємства від простоїв основних фондів у зв'язку з зупинками виробництва, зумовленими необхідністю розвантаження конструкцій перед їх підсиленням. Ще більшого розвантаження перед підсиленням потребують конструкції, що працюють в агресивному середовищі та мають суттєві пошкодження. Щорічні втрати і затрати на підсилення таких конструкцій тільки в галузі виробництва міндобрив становить сотні мільйонів гривень. Витрати на підсилення і підтримання