

обичайці і кільцевому днищі, які виникають в місці їх спряження, фактично не залежать від ширини бандажу. Їх значення простіше знаходити за спрощеною розрахунковою моделлю. В обичайці, виготовленій із тонкостінних труб, що використовують у магістральних трубопроводах, вплив крайового ефекту розповсюджується приблизно на половину радіуса від її торця.

1. Спосіб ремонтування магістрального трубопроводу.: Пат. 38190 А, Україна // М.М. Дрогомирецький, Б.С. Петровський, Б.С. Рильніков, Б.С. Білобран, Я.Б. Якимечко (UA). – №2000063271. Заявлено 06.06.00. Опубл. 15.05.01. Бюл. №4. – 2 с. 2. Білобран Б.С., Якимечко Я.Б., Савула С.Ф., Банахевич Ю.В., Якимечко Р.Я. Підсилення магістральних трубопроводів бандажами на розширеному бетоні // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2005. – № 3 (12). – С. 97–101. 3. Білобран Б.С., Рильніков Б.С., Я.Б. Якимечко Я.Б. Оцінка напруженого стану трубопроводу, підсиленого бандажем на розширеному бетоні // Бетон и железобетон в Украине. – 2005. – №3. – С. 13–16. 4. Білобран Б.С., Рильніков Б.С., Якимечко Я.Б., Дрогомирецький М.М., Петровський Б.С. Стендові випробування труби підсиленої бандажем на розширеному бетоні / Зб. наук. праць. ФМІ ім. Г.В. Карпенка “Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій”. Львів: Каменяр. – 2005. – Вип.7. – С. 13–18. 5. Білобран Б., Якимечко Р. Напружений стан трубопроводу в зоні підсилення бандажем на розширеному бетоні: 9-й Міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові: Праці. – Львів: Кінпатрі ЛТД. – 2009. – С. 19–20. 6. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высш. шк., 1970. – 288 с. 7. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512 с.

УДК 624.014.2

М.Р. Більський

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельного виробництва

РОБОТА МЕТАЛЕВИХ СТРИЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ПІДСИЛЕНИХ З РЕГУЛЮВАННЯМ НАПРУЖЕНЬ

© Більський М.Р., 2009

Наведено результати досліджень роботи металевих стрижневих конструкцій, підсилення з регулюванням напружень під навантаженням, а також основні результати теоретичних і експериментальних досліджень.

In this article deals with the results of research of steel columns stability intensified under the loading and main results of theoretical an experimental researches are given.

Постановка проблеми і її актуальність. Металеві стрижневі конструкції каркасів будівель та споруд, маса яких в Україні становить близько 30 мільйонів тонн, необхідно періодично підсилювати у зв'язку з їх фізичним зношуванням та реконструкцією. Серед сталевих конструкцій одними з найвідповідальніших є поздовжньо стиснуті, несуча здатність яких вичерпується через втрату ними стійкості. Останнє, як показує багаторічний досвід їх експлуатації було основною причиною майже половини (44 %) аварій будинків та споруд [3, с. 12–13]. Тому проблема вивчення роботи підсилюваних під навантаженням поздовжньо стиснутих стрижневих металевих конструкцій є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реконструкція і підсилення металевих конструкцій тісно пов'язані з проблемами експлуатаційної надійності та безпеки будівельних

конструкцій будівель та споруд [1, 2]. Робота з поздовжньо стиснутих металевих стрижневих конструкцій, підсилених з регулюванням напружень під експлуатаційним навантаженням, досліджувалась як теоретично, так і експериментально [4, 5, 9, 10].

Проведені також дослідження сталевих рам, підсилених під навантаженням [5]. Отримано результати, які дали можливість зробити висновки про те, що регулювання напружень (зусиль) під навантаженням в технологічному процесі підсилення сталевих конструкцій дає можливість повністю залучити новий матеріал (посилювальні елементи) в роботу підсилювальної конструкції ще до збільшення на неї навантаження. Проблеми врахування залишкових зварювальних напружень у перерізах стиснутих двотаврових стрижнів під час їх розрахунків поставлено і розглянуто в [8], де показано, що залишкові зварювальні напруження можуть збільшити несучу здатність стрижня після наплавлення валика по краях полиць, що також відображено у [7, 11]. Досліджувався також вплив зварювання для кріплення елементів підсилених до існуючих конструкцій [5]. Показано, що зварювальні деформації істотно впливають на подальшу роботу поздовжньо стиснутих підсилених сталевих конструкцій.

Невирішені раніше частини проблеми. Для удосконалення існуючих нормативних документів необхідно мати всебічно обґрунтовані дані, що стосується роботи поздовжньо стиснутих стрижневих сталевих конструкцій, підсилених під навантаженням з регулюванням в них зусиль, та врахуванням впливу зварювальних напружень і деформацій залежно від величини ексцентриситету прикладення нормальної сили та гнучкості стрижнів.

Мета роботи – провести комплексний аналіз раніше проведених теоретичних та експериментальних досліджень підсилення поздовжньо стиснутих сталевих конструкцій під експлуатаційним навантаженням [4, 5, 9, 10] з метою отримання графічних залежностей $\varphi_e - \bar{\lambda}$ та коефіцієнта впливу електрозварювання n_{zv} , яке відбувається у технологічному процесі підсилення на несучу здатність підсилених конструкцій, що було необхідно для отримання можливості розрахунку поздовжньо стиснутих підсилених конструкцій з застосуванням чинних норм проектування сталевих конструкцій [6].

Виклад основного матеріалу. У [5, с. 94–108] викладено загальну методику розрахунку несучої спроможності позацентрово-стиснутого сталевго стрижня, підсиленого з попереднім напруженням, яка враховує пружно-пластичну роботу підсилених елементів. Вплив залишкових зварювальних конструкцій на роботу підсилених поздовжньо стиснутих сталевих конструкцій в пружно-пластичній стадії роботи досліджений і перевірений експериментально [5, с. 118–133].

Теоретичні значення коефіцієнтів зниження несучої спроможності поздовжньо стиснутих сталевих стрижнів — φ_e , підсилених під навантаженням елементами із сталі підвищеної міцності наведені у [5]. Результати експериментальних досліджень колон, виконаних на великогабаритних моделях, викладені в [6]. Показано, що додаткове підвищення несучої здатності підсилених конструкцій за рахунок збільшення регулюючого зусилля (попереднього напруження) також можна збільшити зниженням початкових і залишкових зварювальних деформацій та напружень. Зроблено висновок, що попереднє напруження (розвантаження) колон без зменшення зовнішнього навантаження на конструкції під час підсилення значно збільшує несучу здатність колон середніх і великих гнучкостей з малими ексцентриситетами прикладання зовнішнього навантаження.

Експериментальні дослідження великогабаритних моделей поздовжньо стиснутих сталевих конструкцій, заввишки до 6, 5 м, підсилених під навантаженням, дали можливість встановити суттєвий вплив величини зовнішнього навантаження на їх несучу здатність після підсилення. Було випробувано 48 зразків різних гнучкостей. Результати випробувань показали значний вплив зовнішнього навантаження на несучу здатність підсилених моделей.

За величини напружувального зусилля, яку визначали з умови рівності напружень у розрахункових перетинах на контакті основного і підсилювального елементів, несуча здатність підсилених під навантаженням моделей збільшувалась до 37 %. За зменшення величини зовнішнього навантаження на половину попереднє напруження дало можливість збільшити несучу

здатність підсиленої моделі тільки на 12, 2%. Отже, чим більше навантажена конструкція під час підсилення, тим більшим буде ефект від застосування напружувальних елементів.

Під час підсилення напружувальними елементами прогини посилюваних під навантаженням моделей, зменшувалось до 5 і більше разів. Збільшення гнучкості посилюваних моделей ($\lambda > 1$) зменшує прогини як від зовнішнього навантаження, так і залишкові зварювальні прогини. На основі результатів випробувань були також побудовані графіки функції $\varphi_e(\lambda)$ для підсилених стрижнів, а також криві збільшення їх несучої здатності внаслідок підсилення моделей напружувальними елементами. Підвищення несучої здатності підсилених стрижнів у зв'язку із збільшенням напружувального зусилля також можна пояснити зменшенням початкових і залишкових зварювальних деформацій.

Залишкові зварювальні прогини моделей, підсилених напружувальними елементами виявилися значно меншими (за середніх гнучкостей – майже наполовину), ніж при підсиленні традиційним способом. Це пояснюється також значним впливом на залишкові зварювальні деформації і напруження початкових напружень від дії зовнішнього навантаження у підсилюваному елементі.

Дослідження впливу зварювання на роботу підсилених моделей та експериментальне визначення величини стискаючої сили, що виникає внаслідок приварювання елементів підсилення, проводили під час випробування моделей, виготовлених з двотавра № 23Б2.

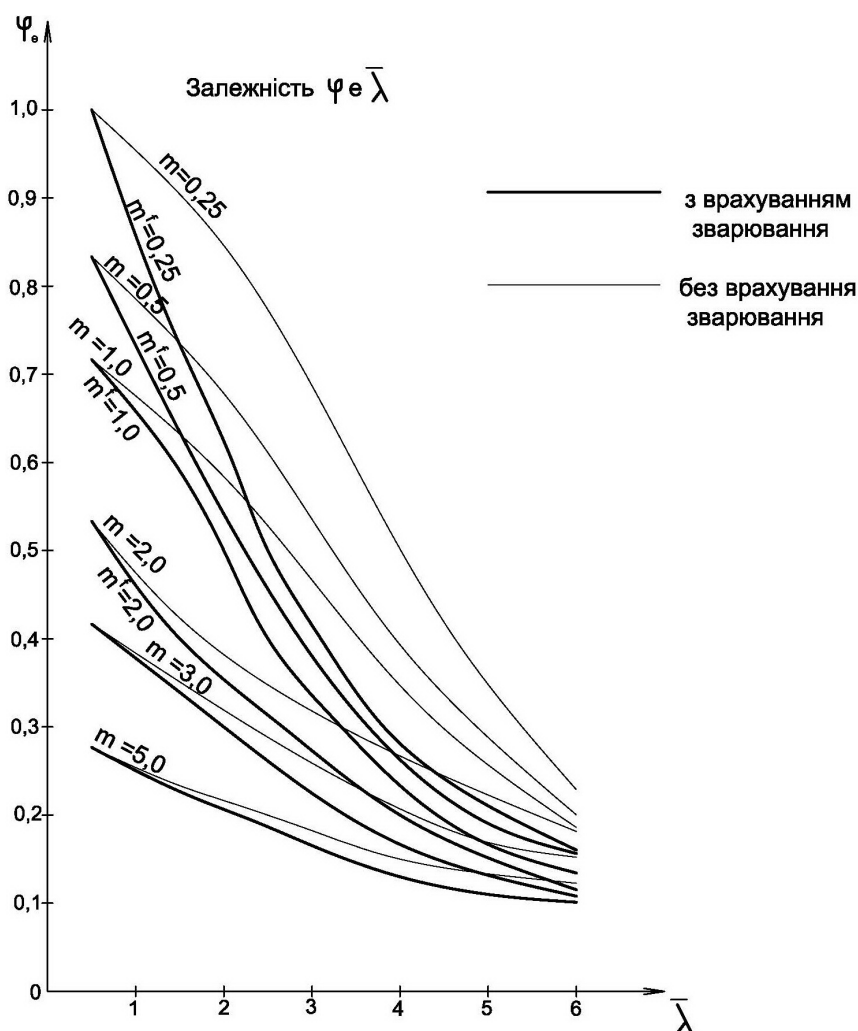


Рис. 1. Графіки залежностей $\varphi_e - \lambda$, m для підсилених стрижнів

Напружувальні елементи підсилення були виготовлені з швелера №10 і їх приварювали до підсилюваного стрижня суцільними швами після введення їх у роботу за допомогою попереднього напруження (поздовжнього стиску) в проектному положенні. Накладання й остигання зварних швів

відбувалося за постійної величини зовнішнього навантаження, яке створювалося за допомогою важелів на спеціально виготовленому для цієї мети важільному стенді [5]. Навантаження моделей створювали за допомогою вантажів, які встановлювали на підвишену до кінців кожного із важелів вантажну платформу. Загалом випробувальний стенд складається з двох спарених важільних систем. Обидві важільні системи стенда ретельно тарували за допомогою 100-тонного зразкового динамометра. Підсилення випробовуваних моделей виконували під навантаженням N_0 - 250 кН.

Були зроблені висновки, що підсилення традиційним методом без регулювання зусиль (попереднього напруження) пов'язано з підвищеною деформативністю і більш раннім вступом в пружно-пластичну стадію роботи підсилених конструкцій, а збільшення несучої здатності підсилених напружувальними елементами поздовжньо-стиснутих конструкцій залежало від їх гнучкості і ексцентриситету діючих на них зусиль досягало в дослідних моделях 5–37 % залежно від їхніх гнучкості і ексцентриситету прикладення зовнішнього навантаження, порівняно з їх підсиленням традиційним методом. В результаті числової обробки теоретичних і експериментальних даних [4–9] були побудовані графічні залежності $\varphi_e - \bar{\lambda}$ (рис. 1) та понижуючого коефіцієнта впливу зварювання $n_{зв} - \bar{\lambda}, m$ (рис. 2) на несучу здатність поздовжньо стиснутих сталевих стрижнів суцільного поперечного перерізу, підсилених з регулюванням напружень.

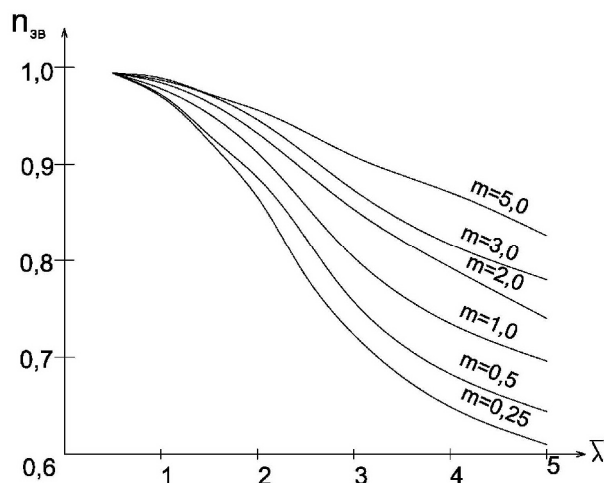


Рис. 2. Графіки залежностей $n_{зв} - \bar{\lambda}, m$ для підсилених стрижнів

З цих графіків бачимо, що застосування електрозварювання для приєднання елементів підсилення до поздовжньо стиснутих підсинюваних сталевих конструкцій істотно впливає на їхню несучу здатність. Такий вплив збільшується пропорційно до збільшення гнучкостей поздовжньо стиснутих конструкцій в діапазоні їх малих і середніх величин. Це збільшення є менш істотним за великих гнучкостей і великих ексцентриситетів. Зменшення такого впливу спостерігається при досить великих гнучкостях $\bar{\lambda} = 5 - 6$ і великих ексцентриситетів – $m = 4 - 5$

Висновки: 1. Отримані практично важливі залежності, які можуть бути використані в процесі вдосконалення чинних норм проектування підсилення сталевих конструкцій. 2. Вплив електрозварювання, яке застосовують в процесі підсилення поздовжньо стиснутих сталевих конструкцій може бути доволі значним за малих ексцентриситетів ($m=0,25 - 0,6$) і великих гнучкостей $\bar{\lambda} > 3$.

1. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций зданий и сооружений и нормы проектирования при реконструкции. — К.: «Знание», 1991. — 19 с. 2. Перельмутер А.В. Эксплуатационная надежность конструкций зданий и сооружений и нормы проектирования при реконструкции. — К.: «Знание», 1991.—19 с.3. Беляев Б.И., Корниенко В.С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. — М.: Стройиздат, 1968. — 206 с.4. Бельский М.Р. Усиление металлических конструкций под нагрузкой. — К.: Будівельник, 1975. — 117 с.5. Бельский М.Р. Усиление сжатых стальных конструкций под

эксплуатационной нагрузкой. – М.: Стройиздат, 1984. — 152 с. 6. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с. 7. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998. – 200 с. 8. Голоднов А.И. К вопросу учета остаточных напряжений в сечениях сжатых двутавровых стержней при их расчетах // Автоматическая сварка.—2001. – №5 – С.—10. 9. Більський М.Р., Котів М.В. Експериментальні дослідження поздовжньо-стиснутих сталевих конструкцій, підсилені під навантаженням. // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2004.—№520.—С.9–16. 10. Більський М.Р., Котів М.В. Робота сталевих колон підсилені під навантаженням. // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2005.—№545.— С.9–15. 11. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. – М.: ЦИТМ Госстрой СССР, 1985.—199 с.

УДК 624.012.004.69

З.Я. Бліхарський, Р.Є. Хміль, Р.В. Вашкевич, Р.Ф. Струк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОРОЗІЇ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Бліхарський З.Я., Хміль Р.Є., Вашкевич Р.В., Струк Р.Ф., 2009

Наведено результати досліджень залізобетонних балок, пошкоджених під час одночасної дії навантаження та агресивного середовища. На підставі отриманих результатів запропоновано методіку розрахунку міцності нормальних перерізів балок, пошкоджених корозією. Проведено порівняння експериментальних та теоретичних величин міцності.

The results of reinforced-concrete beams researches, damaged at the simultaneous action of loading and aggressive environment are presented. On the basis of the got results the method of calculation of the strength of beams normal cross sections, damaged corrosion is offered. Comparison of experimental and theoretical sizes of the strength is conducted.

Постановка проблеми. Корозійне руйнування є однією з основних проблем експлуатації залізобетонних конструкцій, зведених у минулому сторіччі, і які використовують вже багато років у промислових будинках і спорудах, як правило, в неналежних умовах. Крім того, усі конструкції перебувають під навантаженням, принаймні постійним або власної ваги. Як наслідок, це може спричинити їх передчасне руйнування. Для оцінки реальної несучої здатності пошкоджених корозією залізобетонних конструкцій необхідно провести експериментальні дослідження таких конструкцій, особливо в умовах, які максимально моделюють реальні умови експлуатації конструкцій. Сьогодні час ця проблема недостатньо вивчена і тому є актуальною і потребує дослідження. Додаткову цінність мають спроби теоретичного визначення можливого впливу агресивного середовища на конструкції, це б дало змогу не проводити складні експериментальні випробування, а інформацію про негативний вплив середовища на конструкцію отримувати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати аналізу виконаних досліджень в області розвитку методів розрахунку залізобетонних конструкцій за впливів типу “середовище-навантаження” свідчать про те, що перспективним напрямком є використання модельних представлень залізобетонних елементів та рівнянь механічного стану матеріалів, які у фор-