

ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА

Гасенко Антон Васильович

УДК 624.016.004.15

**НАДІЙНІСТЬ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТІЙОК, ВИКОНАНИХ ІЗ
ШВЕЛЕРІВ, З УРАХУВАННЯМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ**

05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Полтава – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Семко Олександр Володимирович,
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка,
завідувач кафедри архітектури та міського
будівництва.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий
співробітник
Голоднов Олександр Іванович,
ВАТ Український науково-дослідний і
проектний інститут сталевих конструкцій
ім. В.М. Шимановського, учений секретар,
завідувач науково-дослідного і проектного
відділу будівельних конструкцій;

кандидат технічних наук, доцент
Ватуля Гліб Леонідович,
Українська державна академія залізничного
транспорту Міністерства транспорту та
зв'язку України, доцент кафедри будівельної
механіки та гідравліки.

Захист дисертації відбудеться «16» грудня 2008 р., о 16⁰⁰, на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 44.052.02 при Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка за адресою: 36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24, ауд. 218.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою: 36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24.

Автореферат розісланий « » листопада 2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.В. Чернявський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасне нове проектування вимагає забезпечення надійності будівель і споруд при одночасному зниженні їх матеріалоемності, працемісткості та вартості на етапах проектування, монтажу й експлуатації. Цього можна досягти в результаті пошуку нових високоефективних конструкцій, до яких належать сталезалізобетонні конструкції (СЗБК). Ефективними стиснутими СЗБК є конструкції із зовнішньою металевою оболонкою і бетонним осердям, згинальними – із розтягнутим металевим нижнім і стиснутим залізобетонним верхнім поясами.

Стиснуті СЗБК, у яких металева оболонка виконана із нових труб, застосовуються в різноманітних галузях будівництва та їх робота досліджена досить широко. Проте використання для металевих оболонок елементів прокату – швелерів – на сьогодні майже не досліджено, хоча такий тип оболонки спрощує влаштування вузлів колон за рахунок відсутності криволінійних елементів. Використовуючи СЗБК, часто можна обійтись без улаштування опалубки та закладних деталей, значно зменшується їх маса порівняно із залізобетонними.

Одним із варіантів продовження експлуатації будівлі чи споруди є їх капітальний ремонт: підсилення або заміна окремих елементів конструкцій. Наприклад, металеві колони, що мають значний ступінь корозійного пошкодження, можна підсилити обетонуванням. Способам підсилення металевих колон обетонуванням із наступним визначенням несучої здатності отриманого сталезалізобетонного елемента (СЗБЕ) теж присвячено недостатньо наукових робіт.

Таким чином, дослідження несучої здатності і надійності стиснутих СЗБЕ, у яких металева оболонка виконана з нових чи існуючих корозійно пошкоджених швелерів, та їх вузлів є актуальним науковим завданням, вирішення якого має велике теоретичне і практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації відповідає напрямам науково-технічної політики держави в галузі оцінювання технічного стану будівель і споруд згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №409 від 05 травня 1997 р. “Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та мереж”, Постановою Кабінету Міністрів України №1313 від 20 серпня 2000 р. “Про затвердження програми запобігання і реагування на надзвичайні ситуації технічного природного характеру на 2000–2005 роки з метою комплексного вирішення проблем захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру і в інтересах безпеки окремої людини, суспільства, національного надбаня та навколишнього середовища”.

Дисертація виконувалася у межах розвитку держбюджетної дослідної теми у ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка “Розробка пропозицій до вдосконалення норм проектування будівельних конструкцій на основі дослідження їх надійності” (державний реєстраційний номер 6194U040038), яка відповідає напряму наукових досліджень кафедри конструкцій з металу, дерева і пластмас.

Метою роботи є розроблення методики визначення надійності й несучої здатності стиснутих сталезалізобетонних елементів із пошкодженнями і дефектами та їх вузлів зі швелерів при суцільному чи перервному з'єднанні їх полицок.

Визначеній меті відповідають такі основні **задачі досліджень**:

- експериментально дослідити можливість застосування в якості металевої оболонки стиснутих СЗБЕ швелерів із перервно звареними полицками та порівняти їх із варіантом, коли полицки зварені по всій довжині;
- розробити, теоретично й експериментально дослідити безфасонні вузли рам зі швелерів із використанням сталезалізобетонних стійок;
- експериментально визначити несучу здатність сталезалізобетонних стійок із локальним ослабленням бетонного осердя;
- виконати оцінювання надійності кородованих сталевих елементів зі швелерів під час експлуатації та вплив обетонування на надійність утворених СЗБЕ;
- здійснити впровадження результатів досліджень при проектуванні нових будівель і реконструкції та підсиленні існуючих металевих стійок.

Об'єкт досліджень – стиснуті СЗБЕ, виконані зі швелерів.

Предмет досліджень – несуча здатність і надійність стиснутих СЗБЕ зі швелерів із пошкодженнями та дефектами.

Методи досліджень:

- експериментальні методи дослідження напружено-деформованого стану і несучої здатності при випробуваннях СЗБЕ зі швелерів;
- методи будівельної механіки при моделюванні напружено-деформованого стану СЗБК із дефектами та пошкодженнями;
- методи математичної статистики при аналізі результатів експериментальних досліджень, а також методи теорії надійності при аналізі показників безвідмовної роботи СЗБЕ.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- удосконалено методику експериментальних досліджень коротких сталезалізобетонних стійок із металевою оболонкою зі швелерів, з'єднаних перервним або суцільним зварним швом, та трубобетонних елементів із локальними дефектами осердя;
- вибрано оптимальну методику й адаптовано для інженерного розрахунку несучої здатності сталезалізобетонних стійок прямокутного поперечного перерізу зі швелерів, зварених суцільним чи перервним зварним швом;
- уперше розроблено, експериментально і теоретично досліджено безфасонний вузол рам зі швелерів із використанням сталезалізобетонних стійок;
- дістала подальшого розвитку методика оцінювання надійності (а саме визначення характеристики забезпеченості несучої здатності) СЗБЕ зі швелерів на стадії їх експлуатації з урахуванням корозійних пошкоджень;
- розроблено та досліджено моделі сталезалізобетонних стійок зі швелерів із дефектами та їх вузлів методом скінченних елементів.

Практичне значення одержаних результатів роботи:

- отримані при проведенні експериментальних випробувань результати доводять можливість використання перервного зварного шва для зварювання поличок двох швелерів металевої оболонки СЗБЕ у пружній стадії їх роботи;
- порівняно методи розрахунку центрально стиснутих СЗБЕ зі швелерів та обрано оптимальний. Отримані номограми, що обмежують зону несучої здатності позацентрово стиснутих і згинальних СЗБК зі швелерів;
- отримано патент, експериментально підтверджено можливість використання та впроваджено у виробництво нові безфасонні вузли рам зі швелерів із застосуванням сталезалізобетонних стійок;
- запропонована методика оцінювання надійності СЗБЕ зі швелерів, пошкоджених корозією, що дозволяє визначити імовірність безвідмовної роботи стійок практично при всіх ступенях зношення металевої оболонки.

Впровадження результатів роботи. Результати досліджень використані при проектуванні та будівництві сталезалізобетонних стійок зі швелерів, виконаних:

- будівельно-монтажним підприємством БМУ-3 м. Черкаси – при будівництві несучого каркаса будівлі автосалону із сервісним блоком у м. Кременчук;
- НВП “Монтажбуд” – при проектуванні каркаса добудови банку й офісних приміщень до боулінг-клубу у м. Кременчук;
- підприємством ТОВ “Етуаль-монтаж” – при будівництві несучого каркаса будівлі корпусу Решетилівського м’ясокомбінату у с. Хоружі Полтавської області. Проведені дослідження дозволили застосувати сталезалізобетонні колони, виконані зі швелерів із безпосередньо звареними поличками;
- підприємством ВАТ “Полтавакондитер” – під час капітального ремонту підвального приміщення по вул. Жовтнева у м. Полтава. Проведені розрахунки підсиленої сталеві колони обетонуванням встановили можливість подальшої її експлуатації;
- державним підприємством “Полтавадіпром’ясомолпром” – при розробленні проекту будівництва побутового корпусу для працюючих із виробничою лабораторією у м. Кременчук. Проведені дослідження дозволили застосувати безфасонний вузол з’єднання сталеві колони, виготовленої із двох швелерів, із балками зі швелерів.

Особистий внесок здобувача. Усі основні результати дисертаційної роботи одержані самостійно. У публікаціях у співавторстві здобувачеві належить: [1, 2, 4, 6, 10, 11] – безпосередня участь у проведенні експериментальних досліджень, обробленні й аналізі їх результатів; [5, 8, 9, 12, 13] – розроблення розвитку методик розрахунку, виконання й аналіз теоретичних розрахунків стиснутих СЗБЕ зі швелерів та їх вузлів; [3, 7] – розвиток методик теоретичних досліджень надійності, проведення розрахунків та аналіз надійності СЗБЕ зі швелерів, уражених корозією.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи обговорювались на таких міжнародних, всеукраїнських та

університетських конференціях: 70-ій студентській науково-технічній конференції ХНАМГ у 2005 році; 57–60 наукових конференціях ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка у 2005–2008 роках; Сьомій науково-технічній конференції „Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація”, м. Кривий Ріг, у 2006 році; міжнародній науково-технічній конференції “Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”, НТУ, м. Київ, у 2007 році; П’ятій всеукраїнській науково-технічній конференції “Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону”, НДІБК, м. Полтава, у 2007 році; II міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми теорії споруд, проектування, будівництва та експлуатації мостів”, м. Київ, у 2008 році; Восьмій науково-технічній конференції “Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація”, м. Кривий Ріг, у 2008 році.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 11 статей у фахових збірниках, отримано 2 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, основних висновків, одного додатку та списку використаних джерел. Роботу викладено на 231-ій сторінці машинописного тексту, з яких 184 сторінки основного тексту, 115 рисунків і 26 таблиць, 1 додаток на 5-ти сторінках та 23 сторінки списку використаних джерел (220 найменувань).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність проблеми, викладені мета й задачі досліджень, наукова новизна, практична цінність роботи, подана її загальна характеристика.

У **першому розділі** аналізується стан проблеми моделювання і врахування при розрахунках несучої здатності та надійності конструкцій одного з основних видів фізичного зношення – процесів корозії сталі.

Дослідження корозійного зношення металевих конструкцій і його впливу на загальну несучу здатність проводили О.І. Голоднов, В.М. Гордеєв, Є.В. Горохов, Є.А. Єгоров, О.І. Кікін, П.Т. Матченко, М.М. Сахновський, І.Г. Овчинніков, А.В. Перельмутер, В.П. Корольов, Л.Я. Цикерман, Ю.М. Югов, Y. Goto, J.S. Kong та інші. Існуючі способи врахування і моделювання корозійного зношення металевих конструкцій під час їх експлуатації дозволяють кількісно передбачити втрати металу конструкцій протягом її роботи практично в будь-який момент часу.

Розглянуті особливості роботи і найбільш поширені детерміністичні методи розрахунку стиснутих СЗБЕ із зовнішнім металевим армуванням. На сьогодні досить добре вивчені особливості роботи трубобетонних елементів та їх вузлів залежно від геометричних розмірів, матеріалу оболонки і фізико-механічних властивостей бетону осердя, способу та виду прикладання навантаження. Але існує ряд неоднозначно трактованих положень, а саме про визначення граничних станів таких елементів, способи врахування впливу об’ємного напруженого стану бетону

осердя, визначення ступеня ефективності роботи трубобетону в цілому тощо. Дослідженнями СЗБК у різний час займались Г.П. Передерій, О.О. Гвоздев, В.А. Росновський, В.А. Трулль, О.А. Долженко, О.І. Кікін, Р.С. Санжаровський, Л.К. Лукша, Л.І. Стороженко, Е.Д. Чихладзе, Г.Л. Ватуля, Ф.Є. Клименко, В.М. Сурдин, та інші дослідники під керівництвом указаних науковців.

Розглянуті основні методи визначення надійності корозійно пошкоджених сталевих і залізобетонних елементів. Зазначено, що визначення надійності таких конструкцій практично у всіх дослідників базується на визначенні характеристики безпеки із врахуванням зниження несучої здатності внаслідок корозії. Далі за допомогою функції Лапласа визначають ймовірність безвідмовної роботи конструкцій. Загальні питання надійності та імовірнісного розрахунку конструкцій у різні часи опрацьовані в роботах М.С. Стрелецького, О.Р. Ржаніцина, В.В. Болотіна, А.Я. Барашикова, І.Н. Заславського, А.П. Кудзіса, О.С. Личева, В.П. Корякіна, В.Д. Райзера, Б.Й. Снарскіса, Ю.Д. Сухова, С.Ф. Пічугіна, О.В. Семка, С.Б. Усаковського, В.П. Чиркова, G. Augusti, A. Pugslev та інших.

На основі проведеного аналізу існуючих результатів досліджень, викладених у науково-технічній і нормативній літературі, сформульовані завдання досліджень. Структурно-логічна схема дисертаційних досліджень наведена на рисунку 1.

Другий розділ присвячений опису конструкцій дослідних коротких сталезалізобетонних зразків зі швелерів, їх вузлів та трубобетонних елементів із послабленням бетонного осердя. Також описано технологію їх виготовлення, визначення фізико-механічних властивостей використаних матеріалів (сталі і бетону), методика проведення і результати експериментальних випробувань дослідних зразків, опис особливостей їх роботи під навантаженням і руйнування.

Відповідно до поставлених завдань експериментальних досліджень були запроєктовані, виготовлені та досліджені 3 групи зразків:

- короткі стиснуті СЗБЕ загальною кількістю 28 зразків, що виготовлялись із прокатних швелерів №8, 10, 12, 14 довжиною 30 см із суцільним чи перервним зварним швом, що з'єднував полицки для утворення квадратного поперечного перерізу, заповнених бетоном різних класів (В12,5, В25 і В40) (рис. 2, а);
- безфасонні вузли поєднання сталевих і сталезалізобетонних колон із балками зі швелерів, на які отримано патент на корисну модель. Виготовлено 20 зразків із прокатних швелерів для колон – №10 довжиною 40 см, для балок – №14 довжиною 110 см. Балки з двох швелерів приєднувались до кутів стійки тільки за допомогою чотирьох вертикальних зварних швів по всій висоті перерізу балки без застосування опорних столиків, ребер жорсткості (рис. 2, б);
- трубобетонні короткі елементи з різними видами послаблень бетонного осердя класу В40 по висоті (чистим піском чи щебенем) загальною кількістю 15 зразків виготовлялись зі сталеві електрозварної холоднодеформованої труби із зовнішнім діаметром 108 мм, товщиною стінки 3,5 мм, довжиною 40 см (рис. 2, в).

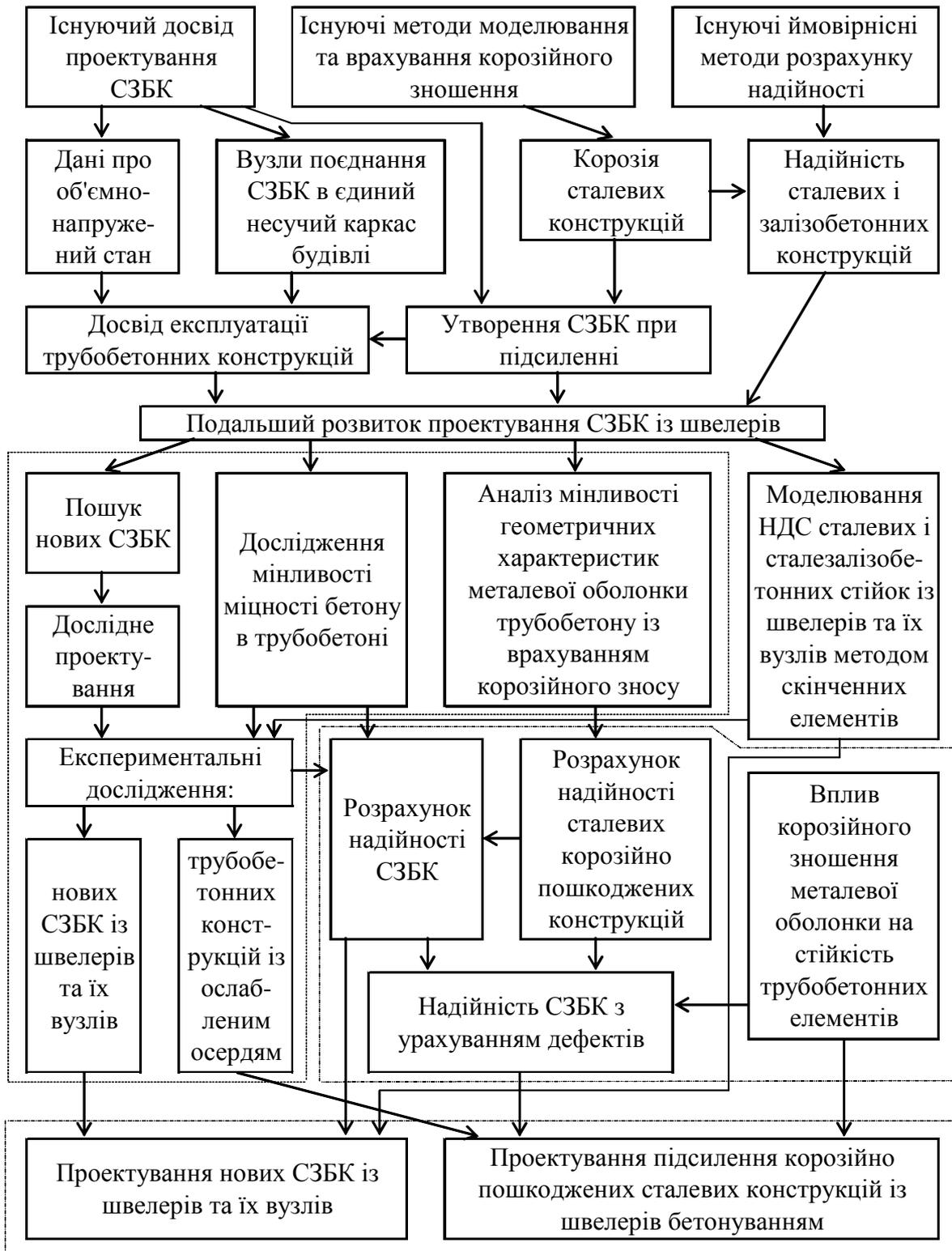


Рис. 1. Структурно-логічна схема передумов та подальших досліджень у дисертаційній роботі СЗБК, виконаних із швелерів

Випробування проводились на гідравлічному пресі 4ПГ-500. Поздовжні та поперечні деформації металевої оболонки досліджуваних зразків вимірювались за допомогою електротензорезисторів базою 20 мм. Для вимірів прогинів кінців балки вузла і дублювання вимірів поздовжніх деформацій коротких СЗБЕ використані індикатори годинникового типу ІЧ-10. Для вимірів величини розходження полицок швелерів коротких СЗБЕ були використані тензометри Гугенбергера.

Для виявлення порівняльної ефективності СЗБЕ випробовувались незаповнені бетоном сталеві елементи з розмірами, відповідними кожній серії. З метою визначення фізико-механічних властивостей бетонів випробовувались стандартні кубики та призми, виготовлені із бетонів тих же замісів, що і дослідні зразки. Для визначення характеристик сталі на розтяг випробовувались вирізані з полицок та стінки швелерів плоскі зразки.

У результаті проведення натурних випробувань дослідних зразків отримано експериментальні дані, що характеризують напружено-деформований стан стиснутих СЗБЕ під дією навантаження. Нижче наведено найбільш характерні результати й описано характер руйнування типових зразків.

Поздовжні деформації металевої оболонки коротких СЗБЕ зі швелерів із збільшенням навантаження граней росли пропорційно навантаженню приблизно до 70% від руйнуючого навантаження. Далі відбувався більш стрімкий їх розвиток. Початок суттєвого збільшення об'єму зразка у поперечному до площини завантаження напрямку приблизно збігався з початком текучості металевої оболонки в поздовжньому напрямку. Момент початку руйнування бетонного ядра не вдавалось чітко зафіксувати, оскільки на відміну від звичайного залізобетону, у трубобетоні руйнування бетонного ядра не призводить до втрати несучої здатності зразка. Треба зазначити, що поздовжні деформації на сталевій поверхні у середній частині зразка, виміряні електротензорезисторами й індикаторами, практично збігалися, що свідчить про достовірність отриманих результатів.

За результатами випробувань зразків, де варіювався тип зварного шва металевої оболонки, виконаної з різних швелерів заповнених однаковим класом бетону, виявилось, що різниця несучої здатності на межі текучості металу оболонки N_1 для перервного та суцільного зварних швів у середньому складала 1,9% для сталевих елементів та 3% для сталезалізобетонних; а на межі міцності N_2 – 5,7 і 8,6% відповідно (рис. 3, а). Для експериментальних зразків, де варіювався тип зварного шва металевої оболонки (виконаної з однакових швелерів) та клас бетону, з'ясувалося, що різниця несучої здатності на межі текучості N_1 для перервного та суцільного зварних швів у середньому складала 4%; на межі міцності N_2 – 10,3% (рис. 3, б). Отже, тип зварного шва металевої оболонки у пружній стадії роботи елементів практично не впливав на їх несучу здатність. Під час руйнування зразків цей вплив збільшився і різниця несучої здатності для зразків із суцільним та перервним швами полицок досягала 10%.

Характер руйнування експериментальних зразків із різними типами зварних швів був однаковий – втрата місцевої стійкості металу оболонки. У тих зразках, де були зварені полицки швелера повністю, відмічалось однакове деформування стінки та полицок; при перервному зварному шві – полицки у незварених місцях втрачали місцеву стійкість і відбувалось їх „розкривання” від тиску бетону зсередини. У зразках із більшим номером швелера відмічалась місцева втрата стійкості стінки та полицок, а у швелера №8 – загальна втрата стійкості.

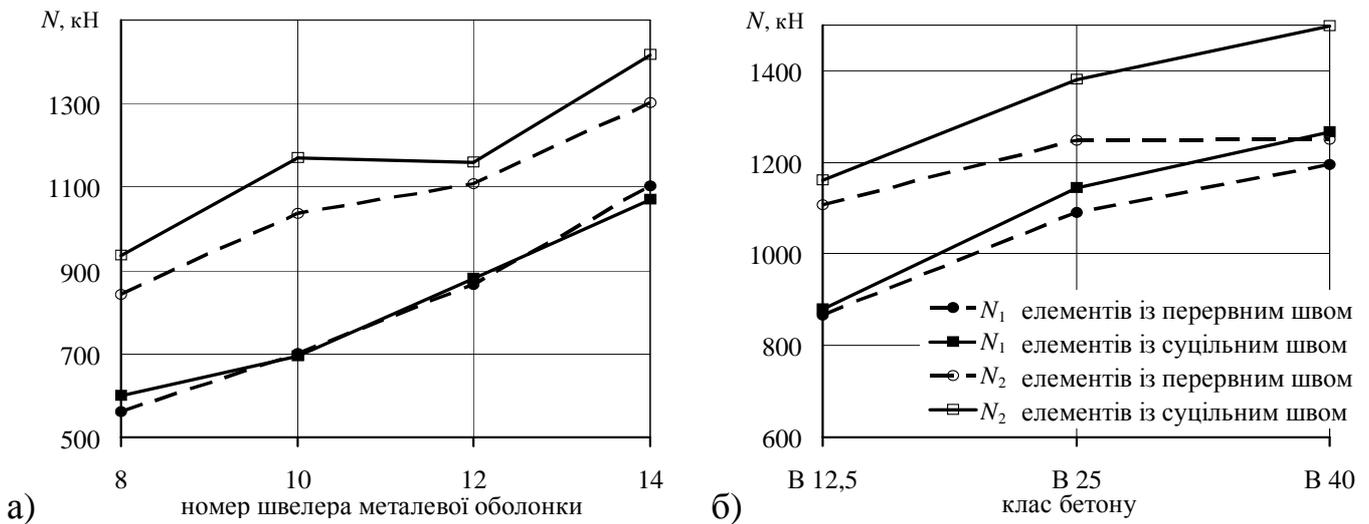


Рис. 3. Зміна несучої здатності стиснутих СЗБЕ із швелерів з перервним і суцільним зварними швами в залежності від: а) розмірів оболонки; б) класу бетону осердя

Виконано порівняння несучої здатності коротких стиснутих СЗБЕ із швелерів, отриманої експериментально і теоретично декількома методами. Визначено, що гарну збіжність дає метод приведення площі бетону до площі сталі, де коефіцієнт приведення визначається як відношення тимчасових опорів на стиск бетону до сталі із врахуванням коефіцієнту обтиснення бетонного ядра металевою оболонкою (для досліджуваних коротких елементів відхилення несучої здатності, знайденої цим методом, від середнього значення складало 4,1%).

За результатами випробувань безфасонних вузлів сталезалізобетонних рам зі швелерів побудована залежність несучої здатності зразків від відстані прикладення зосереджених сил (рис. 4). З'ясовано, що на характер руйнування вузла та його несучу здатність значно (в декілька разів) впливає величина співвідношення між моментом і поперечною силою у вузлі. Руйнування зразків із плечем прикладання сил 40 см відбувалося в результаті втрати місцевої стійкості полицок; при відстані прикладення сил 10 см – через втрату місцевої стійкості стінки балок швелерів.

За отриманими даними були побудовані графіки зміни прогинів кінців балок та поздовжніх і кутових деформацій на поверхні швелерів залежно від відстані прикладення сили. У пружній стадії роботи вузла експериментально виміряні прогини збігалися з теоретичними, визначеними методом початкових параметрів, при відстані прикладення сил до балок 20–40 см.

У результаті випробувань трубобетонних елементів із локальним послабленням бетонного осердя визначено, що несуча здатність зразків без ослаблення бетонного осердя більша за несучу здатність зразків із послабленнями на 35–45%. Міцність зразків із незначним ослабленням осердя по висоті більша за міцність порожніх сталевих елементів на 7–10 %. Міцність зразків, виконаних із металевою оболонкою, заповненою насипним заповнювачем (щебенем чи піском), майже не відрізнялася від міцності порожніх сталевих елементів. Тип послаблення – пісок чи щебінь – значно не впливав на зміну несучої здатності (рис. 5).

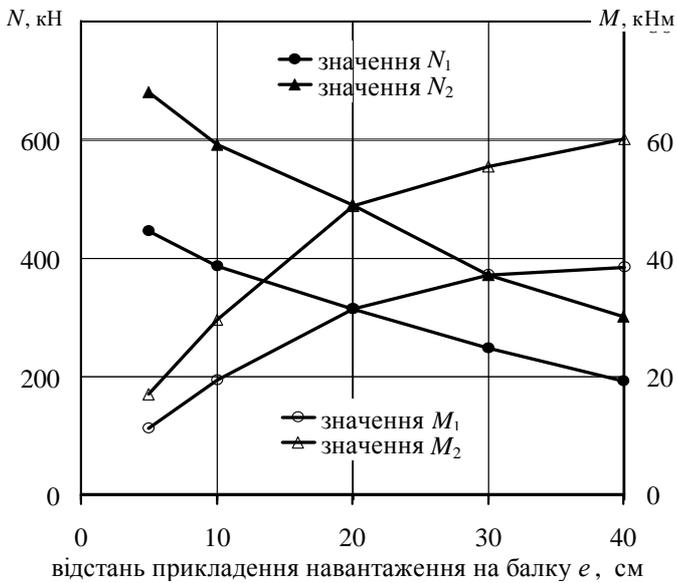


Рис. 4. Залежність несучої здатності вузлів від відстані прикладення зосереджених сил

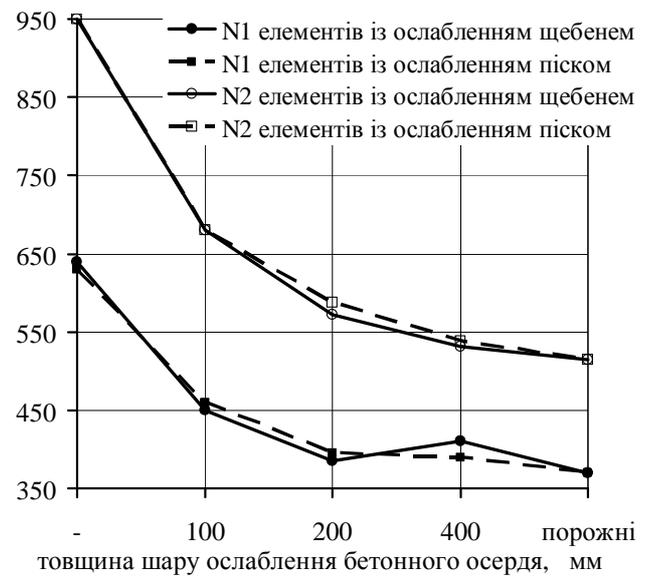


Рис. 5. Залежність впливу товщини та типу послаблення бетонного осердя на несучу здатність ТБЕ

У **третьому розділі** виконано паралельно з експериментальним числове дослідження напружено-деформованого стану всіх досліджуваних зразків методом скінченних елементів (МСЕ) за допомогою програмних комплексів. Вибір типу та розмірів скінченних елементів ґрунтувався на аналізі моделей із двох швелерів, зварених по всій довжині, розбитих тетраедрами або гексаедрами зі стороною від 20 до 1 мм. При сітці з тетраедрів значення нормальних напружень відрізнялися від середнього значення напружень, порахованого за результатами всіх розрахунків до 0,4%; при сітці з гексаедрів це відхилення сягало 1,5%. Об'єм необхідної оперативної пам'яті комп'ютера збільшувався при розмірі сторони скінченних елементів менше 5 мм.

Тож для створення ефективної скінчено-елементної сітки моделей вигідно використовувати тривимірні об'ємні елементи типу solid – тетраедри. Розмір сторони елемента слід приймати 1-2% від геометричної довжини окремого елемента зразка. При такій сітці відхилення результатів числових та експериментальних вимірів відносних деформацій складало менше 9%. Це відхилення можна пояснити похибкою вимірів електротензорезисторів, неточністю прикладання стискаючого зусилля при проведенні натурного експерименту, допусками на прокатний метал.

Результати дослідження моделей зразків за допомогою програмних комплексів дали аналогічний до реального, описаного у другому розділі, характер руйнування. До того ж, моделювання напружено-деформованого стану зразків перед проведенням натурних випробувань дозволило виявити місця із максимальними напруженнями для встановлення вимірювальних приладів.

За допомогою програмного комплексу змодельовані центрально стиснуті колони, виконані із двох швелерів №30 довжиною 3 метри, у яких варіювалася відстань між зварними швами. Моделювання показали, що руйнування зразка не залежало від типу шва. У сталевих елементах зі швелерів спочатку відбувалася

місцева втрата стійкості у місці прикладення зосередженого навантаження. У сталезалізобетонних відмічалася загальна втрата стійкості. У сталезалізобетонних стійок із дефектом осердя відмічались концентрації напружень у металевій оболонці у місці послаблення бетону, що потім призводило до загальної втрати стійкості з максимальним прогином у місці послаблення. Критична сила, при якій відбувалася втрата стійкості елемента, зменшувалась до 2% залежно від типу шва.

Також було виконано дослідження впливу довжини й розміщення зварного шва на несучу здатність центрально стиснутих стійок, виконаних зі швелерів із врахуванням умовної гнучкості стержня, використовуючи рекомендації діючих державних нормативних документів з розрахунку та проектування сталевих конструкцій. Із збільшенням відстані між центрами зварних швів від 20 до 50 см у центрально стиснутих сталевих складених стійок із прокатних швелерів несуча здатність знижується на 3,5–19% та на 2–12% для стійок із гнутих швелерів. Загальна вартість конструкції зі зменшенням зварних швів знижується на 0,8–1,3% для прокатних швелерів та на 0,7–0,9% для гнутих. Але за трудомісткістю виконання робіт вигідніше виконати стійку з більшого на номер прокату та зварити його шпонковим зварним швом, витрачаючи при цьому менше людино-годин.

Значення несучої здатності стійки, отримані чисельно МСЕ та теоретично, використовуючи існуючі нормативні документи, збігаються. Зміна несучої здатності (порівнюючи стійку із повністю звареними полчками швелерів та стійку із зварними швами 10 см і відстанню між ними 30 см) при розрахунку МСЕ складає 1,5%; при розрахунку згідно з діючими нормами – 2,1%.

Четвертий розділ присвячений розробленню розвідки методики та розрахунку відповідно до цієї методики надійності стиснутих сталевих і СЗБЕ, виконаних із швелерів, з урахуванням корозійних пошкоджень металеві оболонки і послаблень бетонного осердя, а також аналізу отриманих результатів.

При визначенні надійності сталевих і сталезалізобетонних стійок зі швелерів рівномірно вражених корозією, внутрішнім ухилом полчок нехтуємо (рис. 6). Визначено мінімальний момент інерції некородованого та пошкодженого корозією трубчатого прямокутного поперечного перерізу із розмірами вказаними на рис. 6:

$$I_y = \frac{h \cdot d_0^3 \cdot \varphi^3(t)}{6} + 2 \cdot h \cdot d_0 \cdot \varphi(t) \cdot x_1^2 + \frac{4 \cdot t_0 \cdot \varphi(t) \cdot (b - d_0)^3}{3}. \quad (1)$$

При випадковій початковій швидкості корозії розглядалися три моделі корозії: лінійна та дві експонентні (у відкритій атмосфері і закритому приміщенні). Оскільки

$$d = d_0 \cdot \varphi(t) \text{ або } d = d_0 - \delta_0 \cdot \varphi(t), \quad \text{де } \delta_0 \cdot \varphi(t) = \delta_i, \quad (2)$$

$$\text{то } \varphi(t) = 1 - \frac{\delta}{d_0} \quad \text{або} \quad \varphi(t) = 1 - \frac{1}{d_0} \cdot v_i dt. \quad (3)$$

До безрозмірної функції $\varphi(t)$, що характеризує корозійне зношування, висуваються такі вимоги: $\varphi(0) = 1$; $\varphi(\infty) = 0$; $\varphi(t) > 0$; $\varphi'(0) < 0$. (4)

Отримані функції $\varphi(t)$ та початкові швидкості корозії v_0 для різних моделей рівномірної корозії, що розглядалися, занесені до таблиці 1.

Характеристики корозійного процесу при випадковій швидкості корозії

№ з/п	Модель корозії	Функція $\varphi(t)$	Початкова швидкість корозії v_0
1	$\delta = v_0 \cdot t$	$\varphi(t) = 1 - \frac{v_0 \cdot t}{d_0}$	$v_0 = \frac{d_0 \cdot [1 - \varphi(t)]}{t}$
2	$v_t = v_0 \cdot e^{-\alpha t}$	$\varphi(t) = 1 - \frac{v_0 \cdot (1 - e^{-\alpha t})}{\alpha \cdot d_0}$	$v_0 = \frac{\alpha \cdot d_0 \cdot [1 - \varphi(t)]}{1 - e^{-\alpha t}}$
3	$v_t = \frac{v_0}{5} + k_3$	$\varphi(t) = 1 - \frac{t \cdot v_0}{5 \cdot d_0} - \frac{t \cdot k_3}{d_0}$	$v_0 = \frac{5 \cdot d_0 \cdot [1 - \varphi(t)]}{t} - 5 \cdot k_3$

Для стиснутих елементів із загальною гнучкістю $\lambda > 100$ можлива Ейлерова форма втрати стійкості. Тоді умова безвідмовної роботи для сталевих стійок коробчастого перерізу, рівномірно пошкоджених корозією, запишеться у вигляді

$$\varphi(t) > \frac{F \cdot l^2}{\pi^2 \cdot E \cdot \left(2 \cdot h \cdot d_0 \cdot x_1^2 + \frac{4 \cdot t_0 \cdot (b - d_0)^3}{3} \right)}. \quad (5)$$

Умова безвідмовної роботи для сталезалізобетонних стійок коробчастого перерізу, використовуючи коефіцієнт приведення бетону до сталі $\alpha_R = R_b \cdot \eta / R_s$,

$$\varphi(t) > \frac{F \cdot l^2 - \pi^2 \cdot E \cdot \frac{2 \cdot (h - 2 \cdot t_0) \cdot (b - d_0)^3}{3} \cdot \alpha_R}{\pi^2 \cdot E \cdot \left(2 \cdot h \cdot d_0 \cdot x_1^2 + \frac{4 \cdot t_0 \cdot (b - d_0)^3}{3} \right)}. \quad (6)$$

Умовна функція надійності для n років при нормальному законі розподілу випадкової початкової швидкості корозії v_0 підраховувалась за допомогою функції Лапласа.

За нарахованими значеннями функції надійності від часу при двосторонній та односторонній рівномірній корозії сталевих чи СЗБЕ були побудовані відповідні графіки. Надійність сталевих стійок при початковій гнучкості $\lambda = 120$ при двосторонній корозії до бетонування нижча за односторонню після бетонування при терміну експлуатації конструкції $t = 50$ років у середньому для всіх аналізованих моделей корозії на 33%. Ця різниця при односторонній зовнішній корозії між сталевими і сталезалізобетонними стійками складає 1,7% (рис. 7).

При визначенні надійності сталевих стійок зі швелерів, пошкоджених нерівномірною корозією, розглядалася каверна з максимально можливими розмірами: діаметром, рівним висоті, і глибиною, рівною товщині стінки швелера. Отримані дані свідчать про існування впливу збільшення кількості корозійних каверн на функцію надійності. У початковий період експлуатації стійки $t = 10$ – 30 років рівень надійності стійки у відкритій атмосфері нижчий, ніж у закритому приміщенні. Але до кінця терміну служби картина змінюється на протилежну та рівень надійності стійки, що експлуатується у відкритій атмосфері, стає вищим.

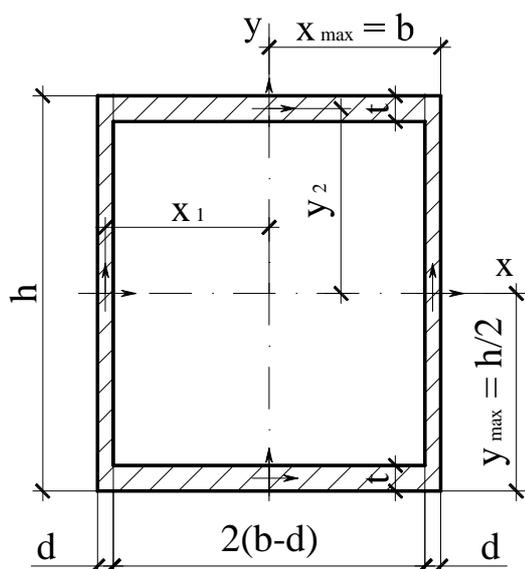


Рис. 6. Розрахунковий поперечний переріз стійки

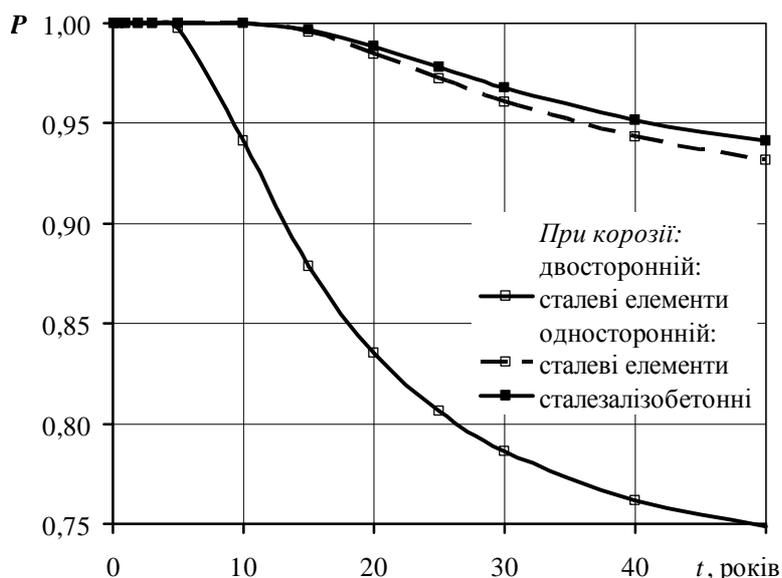


Рис. 7. Порівняння зміни функції надійності в часі (модель корозії №2 табл. 1)

Перед розрахунком надійності стійок із швелерів при детермінованій швидкості корозії було виконано комплекс вимірів товщини прокату швелерів №№12-30 експлуатованих конструкцій, побудовані графіки зміни товщини по довжині від середнього значення та встановлено чотири ступені пошкодженості корозією, що відповідають технічним станам конструкцій, для яких визначені статистичні характеристики (табл. 2).

Таблиця 2

Статистичні характеристики товщини прокату, пошкодженого корозією

Статистичні характеристики	Ступінь корозії			
	I	II	III	IV
$\Delta \bar{d}$, мм (%)	0,19	0,77	2,06	4,74
Δd , мм	0,24	0,47	1,53	2,61

Для визначених ступенів корозії, використовуючи функцію Лапласа та попередньо визначивши характеристику забезпеченості несучої здатності, були нараховані значення функції надійності стійок, виконаних із швелерів №№8–30 і забетонованих бетоном класів В10–В30. Характеристики забезпеченості несучої здатності визначалися за наступними формулами:

$$- \text{ для сталевих стійок } \gamma_Q = \frac{\bar{A}_s \cdot \bar{\sigma}_y - \bar{N}_Q}{\sqrt{\left(\bar{A}_s \cdot \hat{\sigma}_y\right)^2 + \left(\hat{A}_s \cdot \bar{\sigma}_y\right)^2 + N_Q^2}}; \quad (7)$$

$$- \text{ для сталезалізобетонних стійок } \gamma_Q = \frac{(\bar{A}_s \cdot \bar{\sigma}_y + A_b \cdot \bar{\sigma}_b) - \bar{N}_Q}{\sqrt{\left(\bar{A}_s \cdot \hat{\sigma}_y\right)^2 + \left(\hat{A}_b \cdot \bar{\sigma}_b\right)^2 + \left(\hat{A}_s \cdot \bar{\sigma}_y\right)^2 + N_Q^2}}; \quad (8)$$

- для стиснутих СЗБЕ з ослабленням бетонного осердя проектного класу B_{PR} із нижчим за міцністю (неякісним) бетоном B_0 та зі врахуванням виникнення в результаті цього ексцентриситету прикладення поздовжньої сили

$$\gamma_Q = \frac{\left(\frac{\bar{\sigma}_y}{1/\bar{A}_S + e_x/\bar{W}_{S_y}} + \frac{\bar{\sigma}_{B_{PR}}}{1/A_{B_{PR}} + e_x/W_{B_{PR}y}} + \frac{\bar{\sigma}_{B_0}}{1/A_{B_0} + e_x/W_{B_0y}} \right) - \bar{N}_Q}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_y}{1/\bar{A}_S + e_x/\bar{W}_{S_y}} \right)^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}_y}{1/\hat{A}_S + e_x/\hat{W}_{S_y}} \right)^2 + \left(\frac{\hat{\sigma}_{B_{PR}}}{1/A_{B_{PR}} + e_x/W_{B_{PR}y}} \right)^2 + \left(\frac{\hat{\sigma}_{B_0}}{1/A_{B_0} + e_x/W_{B_0y}} \right)^2 + N_Q^2}} \quad (9)$$

У формулах (7) – (9) введені наступні позначення:

$\bar{\sigma}_y, \hat{\sigma}_y$ – середнє значення та стандарт розрахункового опору сталі на розтяг;

$\bar{\sigma}_b, \hat{\sigma}_b, \bar{\sigma}_{B_{PR}}, \hat{\sigma}_{B_{PR}}, \bar{\sigma}_{B_0}, \hat{\sigma}_{B_0}$ – середнє значення і стандарт розрахункового опору бетону на стиск при однаковому класі бетонного осердя, проектного класі та класі ослаблення при неоднорідному бетоні осердя відповідно;

$\bar{A}_S, \hat{A}_S, \bar{W}_{S_y}, \hat{W}_{S_y}$ – середнє значення і стандарт площі та моменту опору плоского поперечного перерізу металевої оболонки, пошкодженої корозією;

$A_b, A_{B_{PR}}, A_{B_0}, W_{B_{PR}y}, W_{B_0y}$ – площа та момент опору плоского поперечного перерізу бетону при однаковому класі бетонного осердя, проектного класі та класі ослаблення при неоднорідному бетоні осердя відповідно;

e_x – випадковий ексцентриситет прикладення поздовжньої сили, що виникає внаслідок неоднорідності бетонного осердя;

\bar{N}_Q, \hat{N}_Q – середнє значення та стандарт навантаження на досліджувані стійки при врахуванні випадкових величин навантаження.

Результати визначення характеристики забезпеченості несучої здатності, по якій нараховані значення імовірності відмови стиснутих сталевих і СЗБЕ зі швелерів, подано у вигляді графіків (рис. 8). Зі збільшенням ступеня корозії імовірність відмови елемента збільшується, і при аварійному ступені корозії наближується до одиниці, особливо для елементів із відносно малими поперечними перерізами (швелери №№8–12). Для однакового ступеня корозії стійок із різних швелерів імовірність відмови стійок вища при меншій площі поперечного перерізу.

Імовірність відмови сталезалізобетонних стійок збільшується при зменшенні номера швелера та класу бетону. Це можна пояснити тим, що малі швелери мають, порівняно із більшими, менші товщини стінки та полицок, що при однаковій швидкості корозії руйнуються швидше і при великому впливі корозії на метал, навантаження СЗБЕ сприймає практично тільки завдяки бетону осердя. Імовірність відмови забетонованих стійок із швелерів, пошкоджених корозією, менша у

порівнянні з сталевими. Таким чином, бетонування кородованих стійок зі швелерів позитивно впливає на підвищення їх несучої здатності та надійності. При великій мінливості площі металевої частини поперечного перерізу (III–IV ступені корозії), мінливість міцності більш слабого матеріалу – бетону – не має переважного впливу на ймовірність відмови СЗБЕ в цілому.

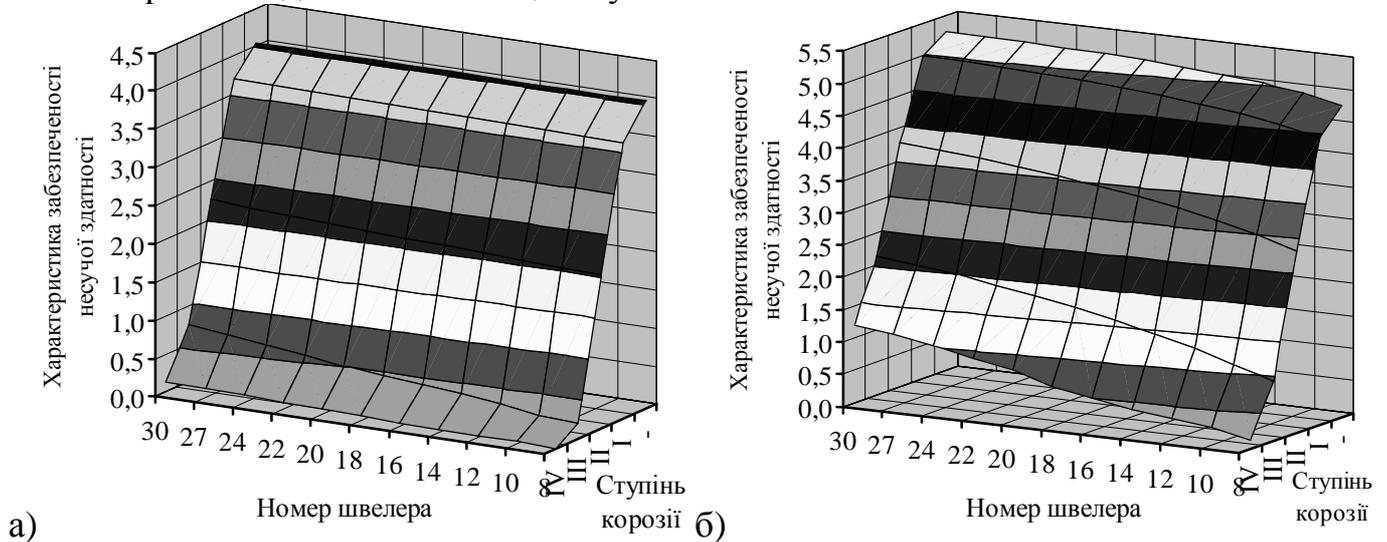


Рис. 8. Залежність характеристики забезпеченості несучої здатності стійок від пошкодженості корозією металевої оболонки: а) сталевих; б) СЗБЕ із бетоном В25

У п'ятому розділі виконано порівняння методик розрахунку несучої здатності й оцінювання ефективності СЗБЕ із швелерів з експериментальною, а також описано впровадження результатів дисертаційної роботи у практику будівництва.

Для підбору розмірів поперечного перерізу сталезалізобетонних колон, верхніх поясів ферм, шпренгельних балок побудовані номограми, що обмежують зону несучої здатності позацентрово стиснутих та згинальних елементів із швелерів. Встановлено, що для зразків однієї довжини при заданому ексцентриситеті e прикладення навантаження несуча здатність однакова для сталевих елементів і СЗБЕ з металевою оболонкою меншою на 2–3 номери. Зі збільшенням довжини елементів це співвідношення зменшується до 1–2-ох номерів. Збільшення класу бетону осердя з В25 до В40 при однакових площах поперечного перерізу сталі та бетону підвищує несучу здатність при центральному та позацентровому стиску елементів із малими ексцентриситетами до 13%.

Виконано оцінювання ефективності СЗБЕ із швелерів різних номерів. Несуча здатність вища до 4% СЗБЕ однакової вартості зі сталевими елементами, виконаних із швелерів №№8–12. Для елементів із швелерів №30 ця різниця сягає 20%.

Результати експериментальних і теоретичних досліджень сталезалізобетонних стійок із швелерів та їх вузлів доводять ефективність і доцільність їх застосування при достатньому забезпеченні надійності. Виконано впровадження результатів досліджень при проектуванні і будівництві сталезалізобетонних стійок із швелерів нових несучих каркасів будівель та розрахунку і підсиленні існуючих сталевих стійок обетонуванням.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено актуальне наукове завдання оцінювання надійності сталезалізобетонних стійок із швелерів з урахуванням корозійних пошкоджень на базі аналізу напружено-деформованого стану. Проведені експериментальні та теоретичні дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

1. Застосування перервного зварного шва при зварюванні полицок двох швелерів для металевої оболонки СЗБЕ можливе у пружній стадії роботи конструкції. Різниця між несучою здатністю СЗБЕ на межі текучості сталі та при повному руйнуванні елемента в цілому для зразків із суцільним зварним швом дорівнює 15–40%, для зразків із перервним зварним швом – 2–20%. Несуча здатність сталевих елементів менша порівняно із забетонованими на 50–80%. Бетонне осердя має підвищену міцність порівняно з міцністю стандартних бетонних зразків до 40%.
2. Розроблений, запатентований та експериментально і теоретично досліджений безфасонний вузол з'єднання сталезалізобетонної колони з балками зі швелерів є досить простим для виготовлення при мінімальних витратах металу у вузлі та забезпечує практичну рівномірність усіх елементів вузла (колони, балки, зварних швів). На характер руйнування вузла та його несучу здатність значно (у декілька разів) впливає величина співвідношення між моментом і поперечною силою у вузлі.
3. Наявність навіть невеликого послаблення бетонного осердя (піском чи щебенем) – до 10% висоти елемента – знижує несучу здатність трубобетонного елемента на 30–40%.
4. Здійснено оцінювання імовірності безвідмовної роботи сталезалізобетонних стійок, виконаних із швелерів, та порівняно зі сталевими з урахуванням корозійних пошкоджень металевої оболонки і дефектів бетонного осердя. Характеристика забезпеченості міцності γ_R сталезалізобетонних колон з однаковим класом бетонного осердя при враженні корозією металевої оболонки до 1 мм, виконаної із швелерів №№8–12, нижча за γ_R колон зі швелерів №№27–30, пошкоджених у тій самій мірі, до 25%. При пошкодженні корозією 4–5 мм значення γ_R зменшується до 0,17.
5. Характеристика забезпеченості міцності γ_R сталезалізобетонних колон зі швелерів, пошкоджених корозією до 1 мм, при заповненні їх бетоном класу В10 нижча за γ_R таких самих колон, заповнених бетоном В30, до 22%. При пошкодженні корозією 4–5 мм значення γ_R зменшується у 2 рази.
6. Характеристика забезпеченості міцності γ_R сталезалізобетонних колон з ослабленням бетонного осердя зменшується на 7–20% при збільшенні відносної ширини ослаблення від 0 до 100% при пошкодженнях корозією металевої оболонки до 1 мм; при пошкодженнях 4-5 мм значення γ_R зменшується у 2 рази.
7. Порівняння залежностей несучої здатності від вартості погонного метра СЗБЕ різних типорозмірів виявило, що несуча здатність елементів, виконаних із

швелерів №№8–12, вища на 4% за несучу здатність сталевих при однаковій їх вартості. Для елементів із швелерів №№27–30 ця різниця сягає 20%.

8. На основі аналізу різних підходів до визначення несучої здатності стиснутих СЗБЕ зі швелерів визначено, що гарну збіжність дає метод приведення площі бетону до площі сталі, де коефіцієнт приведення визначається як відношення тимчасових опорів на стиск бетону до сталі із врахуванням коефіцієнта обтиснення бетонного ядра металевою оболонкою. Середнє значення відхилення несучої здатності досліджуваних коротких елементів із швелерів, знайденої цим методом, від несучої здатності експериментальних елементів складає 4,1%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гасенко А.В. Експериментальні дослідження коротких центрально-стиснутих швелеробетонних елементів / А.В. Гасенко, О.М. Кузь, О.В. Семко // *Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия : Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта : сб. науч. тр. – Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – Вып. 35, ч. I. – С. 134–139.*
2. Гасенко А.В. Методика проведення експериментальних досліджень трубобетонних елементів із використанням корозійно пошкоджених швелерів / А.В. Гасенко // *Вісник СНАУ. Серія : Будівництво. – Суми, 2005. – Вип. 8 (11). – С. 20–25.*
3. Гасенко А.В. Надійність коротких центрально-стиснутих сталевих елементів при різних ступенях корозії, до та після підсилення бетонуванням / А.В. Гасенко, О.В. Семко // *Вісник ДонНАБА. Серія : Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. – Макіївка, 2005. – Вип. 2005-8 (56). – С. 87–91.*
4. Семко О.В. Випробування трубобетонних елементів із ослабленим осердям / О.В. Семко, А.В. Гасенко, О.Є. Куценко // *Дороги і мости : зб. наук. пр. – К. : ДерждорНДІ, 2007. – Вип. 7 в 2-х т., 2 т. – С. 162–168.*
5. Семко О.В. До розрахунку позacentрово стиснутих сталобетонних елементів зі швелерів / О.В. Семко, А.В. Гасенко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне : НУВГтаП, 2007. – Вип. 15. – С. 232–237.*
6. Семко О.В. Експериментально-теоретичне дослідження безфасонних вузлів із швелерів / О.В. Семко, А.В. Гасенко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне : НУВГтаП, 2008. – Вип. 16. – С. 338–344.*
7. Семко О.В. Надійність стиснутих сталевих елементів з швелерів при корозійному зносі / О.В. Семко, А.В. Гасенко // *Металеві конструкції. – Макіївка : ДонНАБА, 2006. – Т. 11, № 3. – С. 197–202.*
8. Семко О.В. Оптимізація конструктивного рішення сталевих стійок

складеного перерізу / О.В. Семко, А.В. Гасенко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : наук.-техн. зб. – К. : НТУ, 2006. – Вип. 73. – С. 280–284.

9. Семко О.В. Особливості конструювання і розрахунку вузлів сталобетонних колон з швелерів / О.В. Семко, А.В. Гасенко // Будівельні конструкції : зб. наук. пр. – К. : НДІБК, 2006. – Вип. 65. – С. 183–186.

10. Семко О.В. Результати експериментальних досліджень безфасоночних вузлів із швелерів / О.В. Семко, А.В. Гасенко // Будівельні конструкції : зб. наук. пр. – К. : НДІБК, 2007. – Вип. 67. – С. 318–326.

11. Семко О.В. Результати експериментальних досліджень коротких сталобетонних елементів із швелерів / О.В. Семко, А.В. Гасенко // Вісник СНАУ. Серія : Будівництво. – Суми, 2006. – Вип. 9 (11) – С. 87–93.

12. Пат. 25636 Україна, МПК (2006) Е 04 В 5/10. Безфасонний вузол з'єднання сталобетонних колон із балками зі швелерів / заявники Семко О.В., Гасенко А.В. ; власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № у 2007 04663 ; заявл. 26.04.07 ; опубл. 10.08.07, Бюл. № 12. – 4 с.

13. Пат. 26462 Україна, МПК (2006) Е 04 G 23/00. Спосіб підсилення сталевих стиснутих елементів обетонуванням із наступним обтисненням бетону / заявники Семко О.В., Гасенко А.В. ; власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № у 2007 04651 ; заявл. 26.04.07 ; опубл. 25.09.07, Бюл. № 15. – 4 с.

АНОТАЦІЯ

Гасенко А.В. Надійність сталезалізобетонних стійок, виконаних із швелерів, з урахуванням експлуатаційних пошкоджень. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – Полтава, 2008.

Дисертація присвячена вирішенню проблеми оцінювання надійності стиснутих сталезалізобетонних елементів, виконаних із швелерів, на етапі експлуатації з урахуванням корозійних пошкоджень металевої оболонки та локальних послаблень бетонного осердя.

Проведені експериментальні і теоретичні дослідження напружено-деформованого стану коротких сталезалізобетонних елементів зі швелерів, зварених перервним чи суцільним зварним швом, їх вузлів, а також трубобетонних елементів із ослабленням бетонного осердя по висоті.

Оцінено рівень надійності кородованих сталевих елементів зі швелерів під час експлуатації та вплив обетонування на надійність утворених сталезалізобетонних стійок із врахуванням можливих дефектів бетонного осердя.

Ключові слова: стиснуті сталезалізобетонні конструкції зі швелерів, надійність, корозійні пошкодження металевої оболонки, суцільний та перервний зварний шов металевої оболонки, підсилення, локальні послаблення бетонного осердя.

АННОТАЦИЯ

Гасенко А.В. Надежность сталежелезобетонных стоек, выполненных из швеллеров, с учетом эксплуатационных повреждений. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения. Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка. – Полтава, 2008.

Диссертация посвящена решению проблемы определения надежности сжатых сталежелезобетонных элементов, выполненных из швеллеров, на этапе эксплуатации с учетом коррозионных повреждений металлической оболочки и локальных ослаблений бетонного ядра.

Во введении обосновывается актуальность проблемы, изложены цель и задачи исследований, научная новизна, практическая значимость и общая характеристика работы.

В разделе 1 анализируется состояние проблемы моделирования и учета при расчетах несущей способности и надежности сталежелезобетонных конструкций (СЖБК) процессов коррозионного износа металлической оболочки. Приведен краткий анализ существующих методов оценки надежности строительных конструкций и факторов, влияющих на надежность. Рассмотрены наиболее распространенные детерминистические методы расчета сжатых СЖБК. На основе проведенного анализа сформулированы цель и основные задачи исследований.

Раздел 2 посвящен описанию конструкции опытных коротких сталежелезобетонных образцов из швеллеров, их узлов и трубобетонных элементов с ослаблением бетонного ядра. Также описаны технология их изготовления, определение физико-механических свойств используемых материалов (стали и бетона), разработка методики и результаты проведения экспериментальных испытаний опытных образцов, особенности их работы под нагрузкой и разрушение.

Целью проведения экспериментальных исследований является получение данных о несущей способности опытных образцов. Результаты проведения этих экспериментов показали, что несущая способность коротких центрально сжатых сталежелезобетонных образцов из полностью сваренными полками швеллеров металлической оболочки почти не отличались от образцов из прерывистым соединением полок на границе текучести стали оболочки. А в момент полного разрушения образцов эта разница была более существенна и достигала 10%.

В разделе 3 выполнено численное исследование напряженно-деформированного состояния всех исследуемых образцов методом конечных элементов с помощью программных комплексов, которое проводилось параллельно с экспериментальными исследованиями. Цель программного моделирования – определение мест с максимальными напряжениями с последующей установкой на этих местах измерительных приборов и сравнение полученных результатов. Выбор

типа и размеров конечных элементов базировался на анализе моделей из двух сваренных швеллеров, разбитых тетраэдрами или гексаэдрами со стороной 1–20 мм.

Раздел 4 посвящен развитию методики и оценки согласно этой методики надежности сжатых стальных и сталежелезобетонных стоек, выполненных из швеллеров, с учетом коррозионных повреждений металлической оболочки и ослаблений бетонного ядра, а также анализу полученных результатов. Рассмотрены варианты равномерной и неравномерной коррозии при случайной или детерминированной скорости коррозии. При этом определено, что надежность коротких центрально сжатых сталежелезобетонных элементов с небольшими коррозионными повреждениями металлической оболочки почти не зависит от номера швеллера. При существенном влиянии коррозии надежность меньше для элементов из более тонкостенной металлической оболочкой.

В разделе 5 выполнено сравнение методик расчета несущей способности и оценивание эффективности сталежелезобетонных элементов (СЖБЭ) из швеллеров с экспериментальной, а также описано внедрение результатов диссертационной работы как в практику строительства новых зданий, так и при усилении и реконструкции существующих сжатых элементов конструкций. Для подбора размеров поперечного сечения сталежелезобетонных колонн, верхних поясов ферм, шпренгельных балок построены номограммы, которые ограничивают зону несущей способности внецентренно сжатых и изгибаемых элементов из швеллеров. Выполнена оценка эффективности СЖБЭ из швеллеров разных номеров.

Ключевые слова: сжатые сталежелезобетонные конструкции из швеллеров, надежность, коррозионные повреждения металлической оболочки, сплошной и прерывистый сварной шов металлической оболочки, усиления, локальные ослабления бетонного ядра.

ABSTRACT

Gasenko A.V. Reliability of Steel-concrete Composite Structures of Channels with Account Maintenance Damages. – Manuscript.

Thesis for Candidate of Technical Sciences degree by speciality 05.23.01 – building structures, buildings and constructions. Poltava National Technical University named in honour of Uriy Kondratuk. – Poltava, 2008.

The dissertation is devoted to the solution of determination problem of the reliability of compression steel-concrete composite structures of channels during maintenance stage accounting corrosion damages of metal casing and local wear of concrete core.

Experimental and theoretical investigations of strain-deformation condition of the short steel-concrete composite structures of channels welded by interrupted or continuous seam, their knots and concrete filled steel tubes members with height concrete core were performed.

The reliability degree of corroded of steel structures of channels during maintenance and influence of covering on reliability of steel-concrete composite posts with the account possible defects of concrete core we appraised.

Key words: compression steel-concrete composite structures of channels, reliability, corrosive damages of metal casing, continuous and interrupted welded seam of metal casing, reinforcement, local wear of concrete core.