

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Ariel University (Ізраїль)
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi (Румунія)
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій»
Академія будівництва України
НВЦ «Екострой»
ТОВ «Стікон»



ЗБІРНИК ТЕЗ
міжнародної науково-технічної конференції

Структурування та руйнування
композиційних будівельних матеріалів
та конструкцій



22-23 квітня 2025 року

м. Одеса

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Ariel University (Ізраїль)
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi (Румунія)
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій»
Академія будівництва України
НВЦ «Екострой»
ТОВ «Стікон»

ЗБІРНИК ТЕЗ
міжнародної науково-технічної конференції
Структуроутворення та руйнування
композиційних будівельних матеріалів
та конструкцій

22-23 квітня 2025 року
м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ БЕТОНУ ЗІ СТАЛЕВОЮ ТА КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

**Муригін М.А., аспірант, Наджафов Е.Ф., аспірант,
Плугін А.А., д.т.н., проф., Плугін Д.А., д.т.н., проф.,
Лобяк О.В., к.т.н., доц.**

Український державний університет залізничного транспорту

Залізобетонні конструкції та вироби в спорудах залізниць експлуатуються в дуже складних умовах. Потужним руйнівним чинником є струми витоку на електрифікованих постійним струмом ділянках [1]. Вони стікають з рейок через скріплення, шпали, баласт в землю. Оскільки опори контактної мережі заземлені на рейку, струми стікають на землю ще й через них. Сталева арматура залізобетонних шпал та опор є складовою електричних кіл витоку, під впливом яких її поверхня розділяється на катодні та анодні ділянки. На анодних ділянках, з яких мігрують електрони, відбувається анодне розчинення заліза – електрокорозія. Висунуто припущення, що заміна сталевих арматур неелектропровідною корозійностійкою композитною виключить зниження несучої здатності через електрокорозію арматури та мінімізує струми витоку. В Українському державному університеті залізничного транспорту проводяться дослідження з розробки конструкції попередньо напружених шпал і опор контактної мережі із бетону з композитною арматурою [2, 3]. Оскільки модуль пружності композитної арматури у понад 5 раз менший, ніж сталевих, попередньо напружені конструкції і вироби з неї матимуть значні деформації і вимагатимуть збільшення ступеня армування до несприятливих для тонкостінних конструкцій величин. Тому успішне проектування таких конструкцій вимагає ретельних експериментальних досліджень залежності їх напружено-деформованого стану та несучої здатності в цілому від параметрів армування. Через складність виготовлення для випробувань навантаженням повнорозмірних шпал, а особливо, центрифугованих опор, дослідження їх несучої здатності проводяться розрахунковими експериментами. Отже актуальними завданнями є верифікація результатів таких розрахунків, а також порівняльні дослідження моделей попередньо напружених конструкцій із бетону, армованих сталевією та композитною арматурою.

Для цього проведено дослідження на моделях – бетонних балках з попередньо напруженим армуванням пучками високоміцного сталевих дроту 4Ø3 мм або композитними стержнями Ø3 мм (рис. 1). Було

проведено розрахунок напружено-деформованого стану та випробування моделей за різних навантажень, які підвищували ступенями до руйнування. Розрахунки проводили методом скінчених елементів за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР. Отримані поля напружень на момент руйнування наведено на рис. 2, а, б, в, а зовнішній вигляд зруйнованих моделей – на рис. 2, б, г, е.

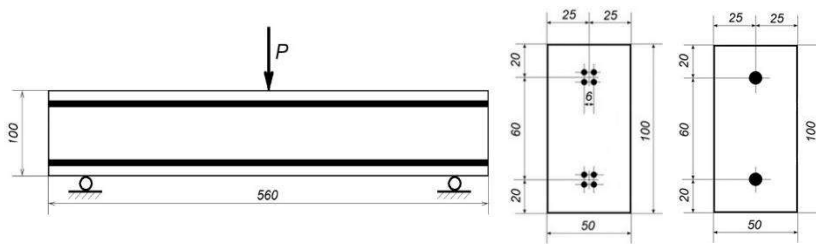


Рис. 1 Схеми моделей та їх випробування

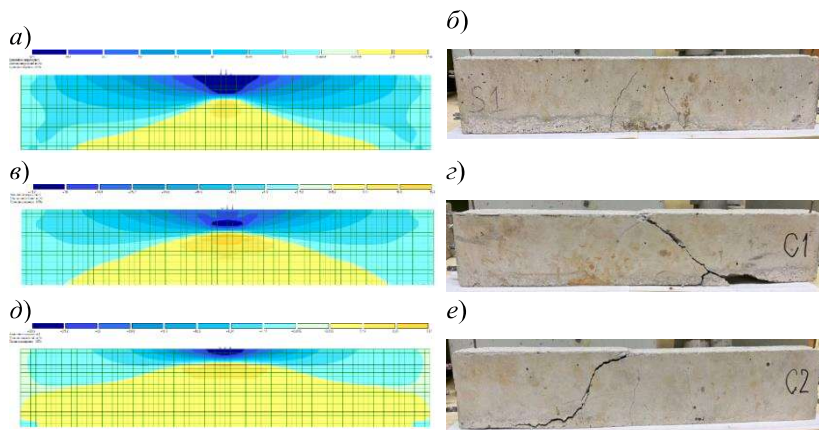


Рис. 2 Результати розрахункового та натурного експериментів з навантаження моделей: а, б – зі сталевую арматурою із зусиллям попереднього натягу пакету 29 кН; в, г – з композитною арматурою із зусиллям попереднього натягу пакету 23 кН; д, е – з ненапруженою композитною арматурою; а, б, д – поля напружень в моделі на момент руйнування; б, г, е – характерний вигляд моделей після руйнування

За результатами досліджень та випробувань отримано діаграми деформування моделей – залежності між згинальним моментом M і прогином Δ , які наведено на рис. 3. Із рис. 3 видно, що результати розрахунків мають хорошу збіжність з результатами випробувань

навантаженням.

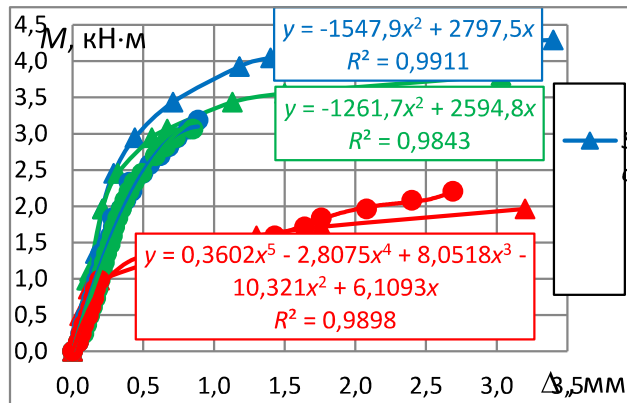


Рис. 3 Діаграми деформування (залежності прогину Δ від згинального моменту M): експериментальні (S_e , C_e , C_{e0}) та розрахункові (S_c , C_c , C_{c0}) моделей з попередньо напруженою (S_e , C_e , S_c , C_c) і ненапруженою (C_{e0} , C_{c0}) композитною (C_e , C_{e0} , C_c , C_{c0}) та сталевую дотяною (S_e , S_c) арматурою. Попереднє напруження пакету композитної арматури становить 78 % від попереднього напруження сталеві арматури

В результаті розрахункового та натурального експериментів встановлено, що по мірі збільшення моменту деформування моделей розвивається стадіями: утворення тріщин в розтягнутій зоні; їх розвиток до утворення пластичного шарніру (крім моделі з ненапруженою композитною арматурою); повне руйнування за рахунок проковзування арматури.

У моделі з попередньо-напруженою композитною арматурою порівняно з моделлю зі сталевую арматурою моменти від навантаження, які відповідають зазначеним стадіям, є меншими на 11–18 %. У моделі з ненапруженою композитною арматурою порівняно з моделлю зі сталевую арматурою зазначені моменти є меншими на 22–48 %. Отже, на всі моменти, що характеризують міцність та тріщиностійкість моделей, вид арматури впливає в набагато меншому ступені, ніж зусилля попереднього натягу арматурного пакету.

Встановлено, що розрахункові величини моментів утворення тріщин в розтягнутій зоні є меншими за фактичних величин: моделей з попередньо-напруженою сталевую та композитною арматурою – на 55–58 %, моделі з ненапруженою композитною арматурою – на 30 %. Визначені розрахунком руйнівні моменти мають набагато кращу

збіжність з фактичними величинами – для всіх моделей відрізняються від фактичних величин на 3–12 %. Для визначення розрахунком моментів утворення тріщин запропоновані поправочні коефіцієнти. Отримані результати дозволяють коректно конструювати шпали і опори контактної мережі з композитною арматурою потрібної тріщиностійкості. Для контактної мережі рекомендовано конструкцію роздільної металевої опори на буронабивному фундаменті із бетону з композитною арматурою та різьбовим анкерним кріпленням опори до фундаменту (рис. 4).

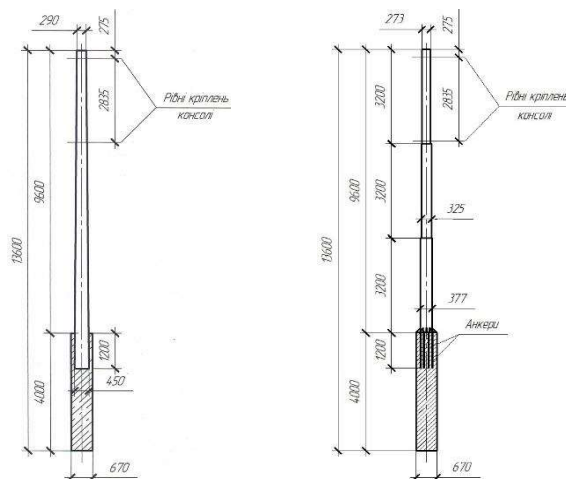


Рис. 4 Опори контактної мережі: *а* – типова роздільна залізобетонна із залізобетонним фундаментом стаканного типу; *б* – роздільна металева телескопічна на буронабивному фундаменті з композитною арматурою

Література

1. Пługін А.А., Муригін М.А., Крикун О.П., Наджафов Е.Ф., Зінченко В.В. Експериментальні дослідження впливу електричних потенціалів на корозійні процеси в залізобетонних шпалах *Зб. наук. праць УкрДУЗТ* 207 (2024) 38-51. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.207.2024.301944>
2. Plugin A, Kaliuzhna O., Lobiak O., Plugin D., Nadzhafov E.F.O., Lagler M. Regarding the replacement of steel reinforcement in prestressed concrete sleepers with composite rebars. *AIP Conf. Proc.* 3064, 060003 (2024) <https://doi.org/10.1063/5.0199575>
3. Наджафов Е. Ф., Пługін Д. А., Пługін А. А., Лобяк О.В. Несуча здатність опор контактної мережі залізниць із бетону, армованого композитною арматурою. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика* 26 (2024) 54–62. <https://doi.org/10.15802/bttrp2024/315300>

Колохов В.В., Мацевіч І.М. Приготування комплексного заповнювача для бетонних сумішей	33
Кровяков С.О., Ігнатенко А.В., Фіногенов О.І., Лапіна О.І. Вплив кількості поліпропіленової фібри та пластифікатору на властивості бетонів жорстких дорожніх покриттів	35
Кувшинов А.О. Вирішальна роль матеріалів конструкцій в надійності і безпеці будівель та споруд	39
Макарова С.С., Вировой В.М., Дімоглов А.І. Цілісність бетону в різноманітні структури	43
Мальцев С.В., Колохов В.В., Мосьпан В.І. Архітектурний бетон з використанням відходів техногенного виробництва	45
Мартинів В.І., Тайчан Д.С., Макарова С.С., Lepadatu D. Керований хаос у технології будівельних матеріалів: філософія, наука та практичне застосування	47
Муригін М.А., Наджафов Е.Ф., Пługін А.А., Пługін Д.А., Лобяк О.В. Дослідження моделей попередньо напружених конструкцій із бетону зі сталевую та композитною арматурою	50
Непомяций О.М., Леонов В.В., Шевченко В.В., Сушицький Е.Б. Актуалізація сонячної обробки в композиційних будівельних матеріалів	54
Проказа Є.А., Пługін А.А., Фаст Д.А., Особливості розрахунку конструкцій підземних споруд, відновлених металоін'єкційними сорочками	57
Саницький М.А., Русин Б., Кропивницький Т. Структурутворення наномодифікованих низьковуглецевих високофункціональних бетонів	61

Наукове видання

З Б І Р Н И К
тез доповідей міжнародної конференції
СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ, МІЦНІСТЬ
ТА РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
І КОНСТРУКЦІЙ
22-23 квітня 2025 р.

(українською та англійською мовами)

Підписано до друку 07.05.2025 р.
Формат 60×84/16 Папір офісний Гарнітура Times
Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 6,92.
Наклад 50 прим. Зам. №25-40К

Видавець і виготовлювач:
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.
тел.: (048) 729-85-34, e-mail: rio@odaba.edu.ua

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА