

УДК 624.012.45:691.792

*Горб Олександр, к.т.н., доцент кафедри КТБтаРА,  
ORCID ID: 0000-0003-3104-7621, e-mail: olhorb@gmail.com  
Національний авіаційний університет, м. Київ*

*Митрофанов Павло, к.т.н., доц.,  
ORCID 0000-0003-4274-1336, e-mail: Mytrofanov.P@gmail.com  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### **ЗАСТОСУВАННЯ АКРИЛОВИХ ПОЛІМЕРІВ В СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТІЙКАХ З ПРОФІЛЬОВАНИМ АРМУВАННЯМ**

*Анотація.* У статті наведені відомості про експериментальні дослідження наскрізних двотаврових стійок із заповненням бокових порожнин бетоном, в яких сумісна робота сталі та бетону забезпечується склеюванням. Випробування проводилися з метою встановлення дійсного характеру роботи, деформування та несучої здатності елементів. Виконане порівняння конструкцій із забезпеченням сумісної роботи сталі та бетону за допомогою склеювання та без нього.

З'єднання бетону зі сталлю з допомогою акрилового клею забезпечує сумісну роботу обох компонентів на протязі всього процесу завантаження. На несучу здатність наявність клейового з'єднання істотно не вплинула за рахунок утворення складного напружено-деформованого стану. Деформації елементів з клейовим з'єднанням значно менші ніж в елементах без нього.

**Ключові слова:** сталезалізобетонна стійка, склеювання, акриловий полімер, несуча здатність, деформативність

*Horb Oleksandr, Ph.D., Associate Professor  
ORCID ID: 0000-0003-3104-7621, e-mail: olhorb@gmail.com  
National Aviation University*

*MytrofanovPavlo, Ph.D., Associate Professor  
ORCID 0000-0003-4274-1336, e-mail: Mytrofanov.P@gmail.com  
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

### **APPLICATION OF ACRYLIC POLYMERS IN REINFORCED CONCRETE RACKS WITH PROFILED REINFORCEMENT**

*Abstract.* The article presents information about experimental studies of through I-beams with filling of lateral cavities with concrete, in which the joint work of steel and concrete is provided by gluing. The tests were carried out in order to establish the true nature of the work, deformation and bearing capacity of the elements. The comparison of structures with the provision of joint work of steel and concrete with the help of gluing and without it.

Joining concrete to steel with acrylic glue ensures that the two components work together throughout the loading process. The bearing capacity was not significantly affected by the presence of the adhesive joint due to the formation of a complex stress-strain state. Deformations of elements with an adhesive joint are much smaller than in elements without it.

**Key words:** reinforced concrete rack, bonding, acrylic polymer, load-bearing capacity, deformability

З кожним роком будівельна індустрія вимагає створення нових несучих конструкцій, які дозволять зменшити вартість, знизити витрати матеріалів та трудомісткість зведення будівель і споруд. На даний момент задовольнити ці вимоги можуть сталезалізобетонні конструкції, в яких найбільш раціонально використовуються сталь та бетон. Однак розробка даних конструкцій підіймає проблему забезпечення сумісної роботи їх складових частин. Все більше набуває поширення при підсиленні залізобетонних конструкцій та при улаштуванні анкерних болтів для забезпечення сумісної роботи бетону й сталі застосування клеїв. Найбільш позитивно в цих випадках зарекомендували себе акрилові клеї.

Останнім часом дослідженням акрилових та інших полімерів і застосуванням з'єднань на їх основі у нових сталезалізобетонних конструкціях найбільш успішно займалися наукові школи провідних вітчизняних технічних ЗВО м. Київ, м. Харків, м. Полтава [1, 2] і ряду закордонних організацій [3 – 5]. Практично доведено, що акриловий клей простий і надійний у приготуванні, за рахунок низької в'язкості, яка не залежить від температури навколишнього середовища, добре укладається, довговічний. Навіть останні розробки традиційних анкерувальних засобів є досить матеріалозатратними, їх встановлення є занадто трудомістким та потребує високої кваліфікації робітників. Отже, існує необхідність перевірки доцільності використання клейових з'єднань на основі акрилових полімерів замість традиційних способів забезпечення сумісної роботи сталі та бетону у сталезалізобетонних конструкціях.

Метою проведення експериментальних випробувань елементів було дослідження: впливу клейового з'єднання бетонної та сталеві частин сталезалізобетонних елементів на їх несучу здатність; особливостей сумісної роботи двох складових комплексної конструкції при клейовому з'єднанні з використанням різних клеїв та без нього; особливостей розвитку тріщиноутворення в бетоні та пластичних властивостей сталеві частини; значень деформацій на різних ступенях завантаження; характеру руйнування дослідних зразків.

Для отримання експериментальних результатів, які дадуть можливість достатньою мірою судити про особливості роботи сталезалізобетонних елементів із використанням клейового з'єднання бетону та сталі були запроектовані зразки (Таблиця 1), які виготовлялися з двох зварних таврів із шириною полицки 80 мм товщиною 5 мм та довжиною стінки 40 мм товщиною 3 мм. Стінки двох таврів з'єднувалися решіткою, виготовленою із арматури діаметром 6 мм та привареною до стінок з кроком 120 мм. Загальна висота поперечного перерізу складеного таким чином перерізу з двох зварних таврів (відстань між зовнішніми гранями полицок) складала 160 мм; ширина перерізу – 80 мм. Особливістю даного типу елементів є те, що бетонування виконувалося за один прийом і таким чином було забезпечено однорідність бетонної суміші з двох сторін сталобетонного елемента. До торців сталобетонних елементів були приварені пластини товщиною 12 мм для запобігання утворення місцевих деформацій у приопорній зоні стиснутих елементів.

Таблиця 1 – Характеристики дослідних зразків

| Шифр зразка | Розміри зразка |                        | Умовна гнучкість $\lambda$ | Ексцентриситет $e$ прикладення навантаження, см | Завантаження |              |
|-------------|----------------|------------------------|----------------------------|---|--------------|--------------|
|             | довжина, мм    | поперечний переріз, мм |                            |   | симетричне   | несиметричне |
| С1          | 1280           | 160×80                 | 80                         | 2,5   | +            |              |
| С2          | 2500           | 160×80                 | 120                        | 2,5   | +            |              |
| С3          | 2080           | 160×80                 | 100                        | 2,5   |              | +            |
| С4          | 1630           | 160×80                 | 100                        | 2,5   |              | +            |

Після виготовлення сталеві частини стійок, у відповідних зразків місця контакту сталі з бетоном покривались шаром акрилового клею та заповнювалися бетоном. Акриловий клей складався із 100 мас-частин полімеру, 100 мас-частин затверджувача і 200 мас-частин кварцового піску із крупністю зерен 0,315 мм. Використовувався бетон промислового виробництва такого складу (за ГОСТ 7473-94): цемент / пісок / щебінь / вода = 300/865/1080/155 кг/м<sup>3</sup>.

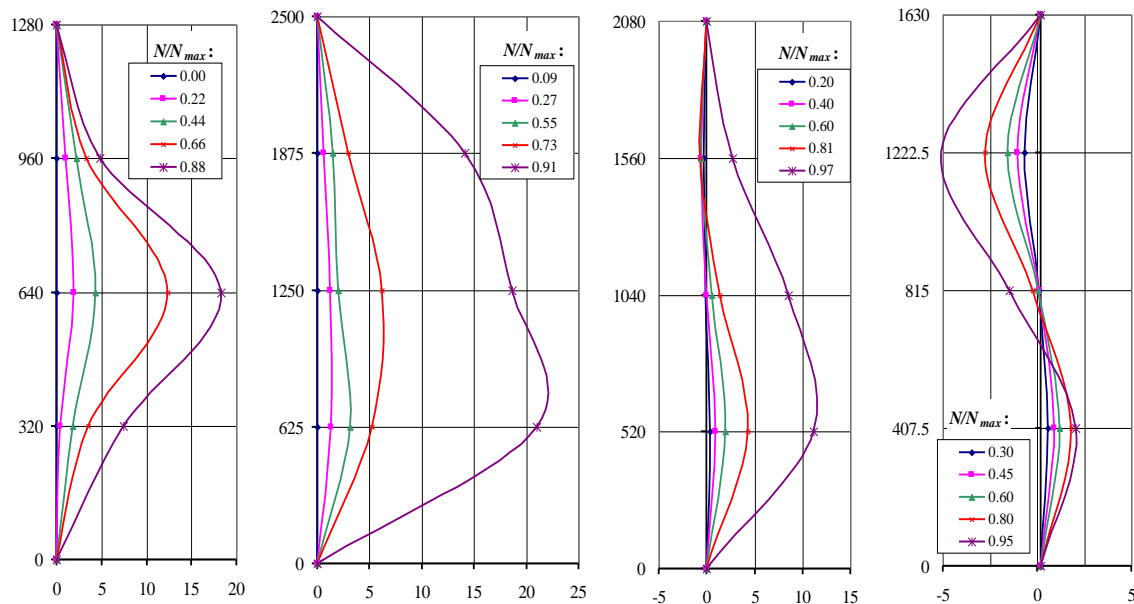


Рис. 1 – Схеми деформації поздовжньої осі дослідних зразків C1, C2, C3, C4

Згідно з програмою експериментальних досліджень вивчалася зміна напружено-деформованого стану дослідних зразків при дії навантаження позacentрового стиску з ексцентриситетом 2,5 см. Деформації вимірювались за допомогою електротензорезисторів, переміщення – індикаторами годинникового типу.

Розроблена методика дослідження дала змогу в лабораторних умовах вивчити їх роботу під навантаженням, отримати характеристики напружено-деформованого стану на будь-якій стадії завантаження. В результаті вимірів виконаних за допомогою прогиномірів отримано графіки вигину поздовжньої осі (малюнок 1)

З'єднання бетону зі сталлю з допомогою акрилового клею забезпечує сумісну роботу обох компонентів композитної конструкції на протязі всього процесу завантаження, що підтверджує плавний ріст значення відносних деформацій. Порівнюючи дослідні зразки з використанням клейового з'єднання сталеві поверхні дотику із бетоном та без нього можна говорити про зменшення деформативності конструкцій за рахунок більш рівномірного розподілу напружень. На несучу здатність наявність клейового з'єднання в даному типі конструкцій істотно не вплинула за рахунок утворення складного напружено-деформованого стану (малюнок 2).

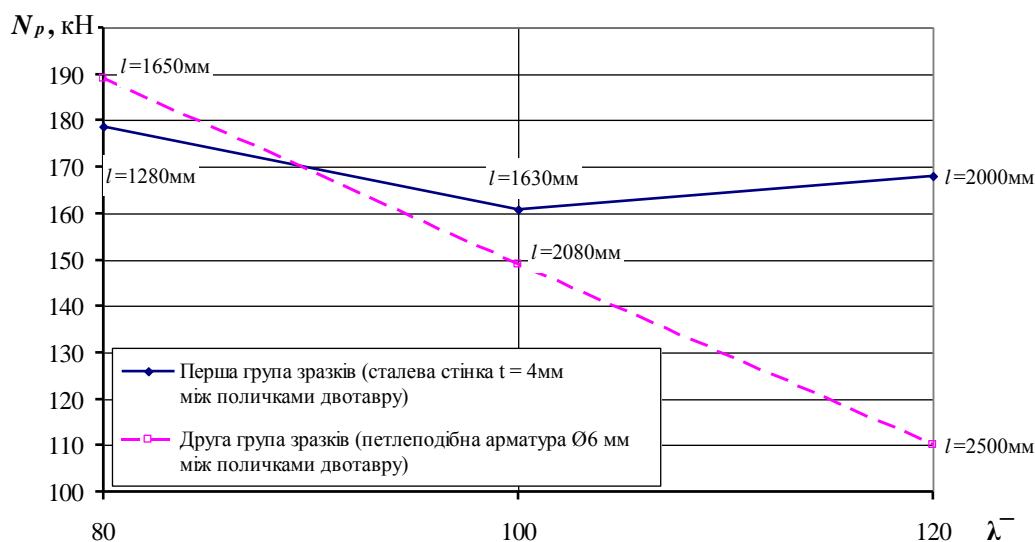


Рис. 2 – Залежність несучої здатності сталобетонних зразків від їх висоти

**Висновок.** Прийнята методика випробувань та використані вимірювальні прилади дозволяють отримати необхідні експериментальні дані для визначення несучої здатності та деформацій із заданою точністю і характеру руйнування дослідних зразків. На всіх етапах завантаження в конструкціях, в яких використана методика приклеювання бетонної суміші до сталевій частини, забезпечується їх сумісна робота. Таким чином можна вважати доведеним, що для забезпечення сумісної роботи бетону й сталі при виготовленні сталезалізобетонних конструкцій раціонально застосовувати акрилові композити.

#### Література

- Zolotov S., Firsov P., Muhamad H. (2020). Evaluation of Stress-Deformed Condition Level of Glued Materials for the Without Anchor Steel-Concrete Joint. In *Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 47, pp. 95–102). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_12).
- Horb O., Davidenko Y., Skurupiy O., Mytrofanov P. (2020). Application of Bonding Concrete to Reinforcement Using Adhesives in Steel Concrete Composite Structure. *Proceedings of the 2020 session of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering (Paris, France, August 26-28, 2020)*. PP. 2 – 9. [https://phdsymp2020.sciencesconf.org/data/pages/Proceedings\\_phdsymp\\_2021.pdf](https://phdsymp2020.sciencesconf.org/data/pages/Proceedings_phdsymp_2021.pdf)
- Brede Markus. (2018). *Fracture Mechanics of Adhesive Joints*. [https://doi.org/10.1002/9783527803743.ch1\\_04](https://doi.org/10.1002/9783527803743.ch1_04).
- Mora Veronica, Mieloszyk Magdalena, Ostachowicz, Wieslaw. (2018). Model of moisture absorption by adhesive joint. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 99. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.06.042>.
- Jeevi G., Nayak S., Kader M. (2019). Review on adhesive joints and their application in hybrid composite structures. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 33. 1-24. <https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1543528>.