

УДК 624.072.012

DOI <https://doi.org/10.32782/apcmj.2025.1.5>**Зіненко Сергій Сергійович,**

аспірант кафедри інфраструктури авіаційного транспорту
факультету архітектури, будівництва та дизайну,
Державний університет «Київський авіаційний інститут»
просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3051-7999>
E-mail: 8863501@stud.nau.edu.ua

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УКЛАДАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ ПРИ БЕТОНУВАННІ ЖОРСТКИХ ПОКРИТТІВ БЕТОНОУКЛАДАЛЬНИМ КОМПЛЕКСОМ WIRTGEN

Анотація. У статті покроково розписаний процес автоматичного укладання композитної неметалевої арматури за бетонування жорстких покриттів комплексом Wirtgen у реалізованому проєкті реконструкції ділянки автомобільної дороги загального користування. Попередньо були виконані перевірочні розрахунки напружено-деформаційного стану елементів покриття автомобільної дороги з композитною арматурою в деформаційних швах. Розрахунки показали, що під час експлуатаційних навантажень напруження у стрижнях композитної арматури не перевищує допустимих значень. Дані розрахунків наведені в публікації [1] і підтверджують доцільність використання композитної арматури, але одним зі стримувальних чинників її широкого використання є складність автоматизації процесу укладання в разі застосування бетоноукладальних комплексів.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Європейська дорожньо-будівельна компанія» уперше в Україні впровадило автоматичне укладання стрижнів композитної неметалевої арматури в конструкції деформаційних швів, адаптувало високопродуктивний бетоноукладальний комплекс Wirtgen.

У результаті технічного переоснащення бетоноукладального комплексу Wirtgen процес улаштування композитної арматури під час будівництва автомобільних доріг і аеродромів був цілком автоматизований. Практика використання такого переоснащеного комплексу показала його високу ефективність і надійність, забезпечила:

- покращення якості бетонування деформаційних швів завдяки точному та надійному позиціюванню композитної арматури в бетоні;
- скорочення часу виконання робіт завдяки безупинній роботі комплексу (у разі ручного укладання композитної арматури комплекс треба зупиняти);
- скорочення часу виконання операції влаштування композитної арматури в бетон (порівняно з ручним методом у 8–10 разів швидше);
- зменшення трудомісткості робіт завдяки вилученню операцій ручного укладання арматури;
- зменшення кількості людей, задіяних у влаштуванні шару покриття;
- підвищення продуктивності бригади на 15–25%.

Ключові слова: композитна арматура, автомобільна дорога, аеродром, високопродуктивний бетоноукладальний комплекс, автоматизація процесу.

Zinenko Serhii. Automation of the composite reinforcement laying process when concreting rigid coatings with Wirtgen concrete placing complex

Abstract. This article describes step-by-step the process of automatic laying of composite non-metallic reinforcement when concreting rigid pavements with the Wirtgen complex in the implemented project for the reconstruction of a section of a public highway. Previously, verification calculations of the stress-strain state of the elements of the highway pavement with composite reinforcement in expansion joints were performed. The calculations showed that under operational loads, the stress in the rods of the composite reinforcement does not exceed the permitted values. The calculation data are given in the publication [1] and confirm the feasibility of using composite reinforcement, but one of the limiting factors for its widespread use is the complexity of automating the laying process when using concrete placing complexes.

European Road Construction Company Llc was the first in Ukraine to introduce automatic installation of composite non-metallic reinforcement rods in expansion joint structures by adapting the high-performance Wirtgen concrete placing complex.

As a result of the technical re-equipment of the Wirtgen concrete placing complex, the process of installing composite reinforcement in the construction of highways and airfields was fully automated. The practice of using such a re-equipped complex has shown its high efficiency and reliability, ensuring:

- improvement of the quality of concreting expansion joints due to accurate and reliable positioning of composite reinforcement in concrete;*
- reduction of work time by ensuring uninterrupted operation of the complex (when manually laying composite reinforcement, the complex must be stopped);*
- reduction of the time required for the operation of installing composite reinforcement in concrete (8–10 times faster compared to the manual method);*
- reduction of labor intensity of work due to the elimination of manual reinforcement laying operations;*
- reduction of the number of people involved in the arrangement of the coating layer;*
- increase in the productivity of the team by 15–25%.*

Key words: composite reinforcement, highway, airfield, high-performance concrete paving complex, process automation.

Вступ. Для армування бетонних конструкцій використовується як металева арматура, так і композитна. Традиційне армування сталеву арматурою має низку недоліків, головним із яких є корозія. Отже, для підвищення довговічності та надійності автомобільних доріг і аеродромів усе частіше використовують композитну арматуру, яка не кородує та має високу стійкість до агресивних середовищ порівняно з металевою. Однак широке застосування композитної арматури стримується відсутністю бетоноукладальних комплексів, які адаптовані до автоматичного укладання саме композитної арматури. Під час будівництва автомобільних доріг і аеродромів питання автоматизації процесу укладання композитної арматури стає найбільш актуальним.

Матеріали та методи. Сучасні високопродуктивні бетоноукладальні комплекси типу Wirtgen оснащені системами автоматизації процесу укладання в деформаційні шви бетонних покриттів суто металевої арматури. Такі системи працюють у режимах, що програмують, і забезпечують цілковиту автоматизацію укладання арматури. Порівняно з ручним методом укладання арматури (рис. 1), автоматизовані комплекси витрачають на операцію укладання приблизно у 8–10 разів менше часу, надійно і точно позиціонують металеву арматуру, не потребують зупинок комплексу на деформаційних швах, звільняють робочий персонал, що загалом підвищує загальну продуктивність роботи комплексної бригади на 15–20%. Але такі

суттєві переваги систем автоматизації бетоноукладальних комплексів донедавна не могли бути реалізовані за використання композитної арматури.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Європейська дорожньо-будівельна компанія» уперше в Україні впровадило автоматичне укладання стрижнів композитної неметалевої арматури в конструкції деформаційних швів, адаптувало високопродуктивний бетоноукладальний комплекс Wirtgen (рис. 2).

Процес бетонування передбачає двошарове укладання цементобетонної суміші методом «між гусениць», за якого її подача залежно від ситуації відбувається перед бетоноукладальним комплексом або збоку від нього. Двошарове укладання – це висока якість за зниження витрат на будівельні матеріали. Технологія виконання робіт така: нижній шар розвантажують безпосередньо перед бетоноукладачем, верхній шар подається до другої машини. Плужний або шнековий розподілювач рівномірно розподіляє цементобетонну суміш по всій ширині укладання. Вбудовані електричні або гідравлічні вібратори рівномірно ущільнюють бетон. У процесі переміщення вперед ковзаюча опалубка формує цементобетонне покриття заданої ширини і товщини.

Інтегрована система бетоноукладача закладає стрижні в бетон паралельно напрямку руху відповідно до заданих параметрів. Центральні або бокові стрижні можуть бути встановлені і впоперек полотна. Забивання стриж-



Рис. 1. Улаштування композитної арматури ручним методом



Рис. 2. Високопродуктивний бетоноукладальний комплекс Wirtgen

нів базується на розробленому технічному рішенні: узгодження руху і зупинки інтегрованої системи укладання стрижнів із тривалістю процесу їх вібраційного занурення за безперервного переміщення бетоноукладача. Увесь процес контролюється електронікою, яка забезпечує проектне положення стрижнів за запланованої продуктивності укладання цементобетону. Обертальний брус згладжує цементобетонну поверхню також упоперек покриття. Завдяки «руху тертя» перед брусом формується невеликий бетонний валик, який додатково забезпечує отримання поверхні високої якості. На завершальній стадії лижа, що розгладжує, вирівнює поверхню цементобетону (рис. 3).

Основними етапами укладання цементобетонної суміші є:

1. Підготовка нижнього шару полотна покриття:

- очищення;
- улаштування гідроізоляційного розділюючого шару;
- геодезичні роботи.

2. Подача цементобетонної суміші:

- цементобетонна суміш подається бетононасосом, автосамоскидом, автоміксером та іншими видами спеціалізованого транспорту;
- суміш розподіляється по бункеру комплексу, що забезпечує рівномірність подачі.

3. Розподілення цементобетонної суміші:

- спеціальні розподілювачі, шнекові або плужні, рівномірно розподіляють цементобетонну суміш по всій ширині укладання, не порушують її однорідності;



Рис. 3. Будівництво цементобетонного покриття автомобільної дороги високопродуктивними бетоноукладальними комплексами з використанням ковзної опалубки

- товщина шару цементобетону регулюється за допомогою гідравлічних систем.

4. Ущільнення жорсткої суміші:

- вбудовані вібратори високої частоти забезпечують ефективне ущільнення суміші, видаляють повітряні порожнини та структурують суміш;

- глибина проникнення вібрації регулюється залежно від товщини шару.

5. Автоматичне армування шару:

- система автоматичного укладання композитної арматури була інтегрована безпосередньо в конструкцію комплексу;

- для реалізації даного проекту в комплекс були додані:

- доданкові укладачі анкерів у шви;

- датчики позиціонування;

- система автоматичного влаштування анкерів із бункера; у спеціалізованому бункері зберігається деяка кількість анкерів, які готові до встановлення;

- за допомогою пневматичних або гідравлічних механізмів композитна арматура подається до встановлювального пристрою; цей пристрій точно позиціонує анкер над заданою точкою на цементобетонній поверхні та вводить його в суміш під визначеним кутом і на необхідну глибину; точне встановлення підвищує якість з'єднання;

- система адаптована для роботи з різними типами композитної арматури та під різні умови укладання.

6. Формування поверхні:

- ковзаюча форма, установлена на комплексі, формує точну геометрію бетонного покриття, забезпечує необхідні профіль і ширину;

- додаткові пристрої можуть бути використані для створення спеціальних текстур на поверхні покриття.

7. Фінішна обробка:

- після укладання цементобетонної суміші виконується фінішна обробка поверхні нанесенням плівкоутворювальних матеріалів, для забезпечення режиму утримання температури, вологості та набору міцності цементобетону.

Результати. У результаті технічного переоснащення бетоноукладального комплексу Wirtgen процес улаштування композитної арматури під час будівництва автомобільних доріг і аеродромів був цілком автоматизований. Практика використання такого переоснащеного комплексу показала його високу ефективність і надійність, забезпечила:

- покращення якості бетонування деформаційних швів завдяки точному та надійному позиціонуванню композитної арматури в бетоні;

- скорочення часу виконання робіт завдяки безупинній роботі комплексу (за ручного укладання композитної арматури комплекс треба зупиняти);

- скорочення часу виконання операції влаштування композитної арматури в бетон

(порівняно з ручним методом у 8–10 разів швидше);

- зменшення трудомісткості робіт завдяки вилученню операцій ручного укладання арматури;

- зменшення кількості людей, задіяних у влаштуванні шару покриття;

- підвищення продуктивності бригади на 15–25%.

Висновки. Автоматизація укладання композитної арматури є важливим напрямом розвитку будівельних технологій. Упровадження автоматизованих систем дозволить підвищити продуктивність, якість і ефективність будівельних робіт, а також розширити можливості використання композитних матеріалів у дорожньому й аеродромному будівництві.

Список використаних джерел:

1. Максименко В.П., Дубик О.М., Карпенко А.К., Зіненко С.С. Застосування композитної арматури в жорстких покриттях автомобільних доріг і аеродромів. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 2024. Вип. 2 (4). С. 87–95.

References:

1. Maksimenko, V.P., Dubyk, O.M., Karpenko, A.K., & Zinenko, S.S. (2024). Zastosuvannia kompozytnoi armatury v zhorstkykh pokryttiakh avtomobilnykh dorih i aerodromiv [Application of composite reinforcement in rigid pavements of motor roads and airports]. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*, 2 (4), 87–95 [in Ukrainian].