УДК 625.70

ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА АЕРОДРОМІВ В УКРАЇНІ

HISTORY AND PERSPECTIV OF CONSTRUCTION CEMENT-CONCRETE ROAD AND AIRFIELD PAVEMENT IN UKRAINE

„Historia est magistra vitae". – „Історія вчитель життя"

***Gameliak Igor Pavlovich**, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «Airports», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, id ORCID 0000-0001-9246-7561.*
***Гамеляк Ігор Павлович,** доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри аеропорти, e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124, id ORCID 0000-0001-9246-7561.*

***Ostroverkhyi Oleg Grigorovich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of «Airports», National Transport University, e-mail: oostroverkhiy@gmail.com, +380974848976, id ORCID 0000-0003-2182-2209.*
***Островерхий Олег Григорович,** кандидат технічних наук, доцент кафедри аеропорти, Національний транспортний університет, e-mail: oostroverkhiy@gmail.com, +380974848976, id ORCID 0000-0003-2182-2209.*

***Moroz Vladimir Sergeevich**, Engineer of Scientific Production Association "Transengineering" Kiev , e-mail: vsmoroz1@gmail.com , +38093 610 59 95 ORCID https://orcid.org/0000-0001-9763-6213*
***Мороз Володимир Сергійович**,інженер НВО "Трансінжиніринг" м.Київ, e-mail: vsmoroz1@gmail.com , +38093 610 59 95*

Анотація. Стаття присвячена аналізу досвіду будівництва автомобільних доріг з цементобетонним покриттям в Україні починаючи з кінця 40 - х років минулого століття даного часу. Наведено . типи конструкцій жорсткого дорожнього одягу, історичний огляд конструкцій автомобільних доріг та аеродромів з цементобетонним покриттям, найважливіші новації у конструкціях й технології дорожнього цементобетону. Наведено приклад підбору складу цементобетонної суміші для улаштування бетонного покриття автомобільних доріг.

Вступ. Як у загальноісторичних, так і в історико-технічних роботах питання розвитку автомобільних доріг до теперішнього часу приділяється недостатньо уваги. У опублікованих загальноісторичних роботах про гужеві і навіть автомобільні дороги говориться мало, в основному увагу приділяється водним шляхам і залізничному транспорту. Що відноситься до питання технологій будівництва автомобільних доріг, із застосуванням матеріалів та механізмів, вони в основному розглядаються лише в технічних роботах [1].

Історія будівельних робіт надзвичайно слабо досліджена історичною та дорожньою наукою. У той час є ряд робіт, авторами яких були інженери або вчені - дорожники, включаючи історичні дані є спеціальній науково-технічній літературі [2].

Ідея цієї статті з'явилася давно. Спочатку її актуальність була обумовлена ціновою конкуренто спроможністю цементобетонних покриттів, пов'язаною із значним ростом ціни на бітум та незначною зміною вартості цементу [3]. З іншого боку зі збільшенням інтенсивності руху на автомагістралях і кількості важких автомобілів у транспортному потоці об'єктивно виникають підвищені вимоги до

міцності й довговічності покриттів, безпеки руху транспортних засобів і їх мінімальному впливу на навколишнє середовище. Найбільшою мірою цим вимогам відповідають цементобетонні покриття.
Однак події останнього часу змусили поставити на перше місце в обґрунтуванні актуальності цієї статті іншу причину – енергетичну безпеку держави, яка забезпечується частковим заміщенням імпортованого бітуму або нафти, як сировини для його виробництва, на вітчизняний цемент.
Цементобетон - головний конкурент асфальтобетону. Термін служби 20 - 25 років до ремонту є звичайним для цементобетонних покриттів в США, а в Голландії, Німеччини та Австрії він часто перевищує 30 - 40 років, що приблизно в 2 - 3 рази більше міжремонтного терміну служби асфальтобетону

Під жорстким розуміють покриття, жорсткість і міцність якого практично не залежать від температури, тривалості дії навантаження і вологості, і саме таким покриттям є цементобетон. Жорсткість і міцність асфальтобетонного покриття істотно знижуються з підвищенням температури або збільшенням тривалості дії навантаження.

Дорожній цементобетон – не панацея від двох споконвічних вітчизняних бід, як би кому з фахівців і користувачів доріг не здавалося інакше. Поширеність цементобетону на дорогах в усьому світі становить за різними даними лише від 10 - 60%.

Так дані поширення цементобетонних доріг в деяких розвинутих країнах такі:

- Німеччина – 12 тис. км або 25% доріг державного значення;
- США – 100 тис. км (в перерахунку на 2-х смугову - 400 тис. км);
- Україна – 2,1 тис. км менше 1,3%, а має бути не менше 25 ... 30% загальної мережі та 50% для доріг вищих категорій (рис. 1).

Рисунок 1 - Протяжність автомобільних доріг загального користування України за типом покриття

Figure 1 - The length of public roads in Ukraine by type of pavement

В Німеччині доля покриттів на мережі доріг цементобетон : асфальтобетон, становила в 70-х 70% :30%; 80 - х 60%: 40%, друга половина 90 – х 38% : 62%, тобто постійно зростала із збільшенням навантажень.

Мета статті – проінформувати фахівців і громадськість про досвід будівництва цементобетонних доріг починаючи з кінця 40 - х років минулого століття та надати найважливіші новації у конструкціях й технології дорожнього цементобетону.

1. Історичний огляд технологій

Перш ніж говорити про нове, згадаємо давно забуте старе.
Україна до 20 – х років минулого століття знаходилась у складі різних імперій на периферії, тому і розвиток доріг був відповідний. Основна транспортна артерія – ґрунтовий Чумацький Шлях з Криму в центр і на західну Україну, через який поставлялась сіль, перевозились продукти і хліб занепав через стан доріг, які ставали непроїзними в період весняного та осіннього бездоріжжя та через розвиток залізниці у 70 – 80 х рр. минулого століття. Поява автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння в кінці 1890-х та наступна автомобілізація спричинили бурхливий розвиток доріг, в тому числі з цементобетонним покриттям.

У 1892 - Балефонтен (США – штат Огайо) побудовано спочатку пішохідну доріжку, а потім вулицю з цементобетонним покриттям. Склад цементобетону Ц: П: Щ = 1: 1,5: 3;
Перша сучасна бетонне покриття міських вулиць побудовано у 1905 р. в Чикаго та в 1909 р. у Детройті, США. Ділянки довжиною біля 1,6 км прослужили 60 років. Ця подія відзначена як століття появи перших бетонних доріг.

Перші рекомендації щодо будівництва бетонних покриттів вийшли 1925 рік.

Перше аеродромне бетонне покриття побудоване в штаті Мічіган у 1928 р. та шт.. Огайо в 1929 р.

Перша мережа бетонних магістралей (приблизно 14 000 км) 1926–1933 (Німеччина) [3]. В США на 1930 р. було побудовано 59 064 км доріг із бетону на портландцементі [4].

Перші рекомендації щодо будівництва бетонних магістралей - 1933 рік.

На той момент в СРСР рекомендувалось будувати ґрунтові дороги [7]. Успіхи провідних країн були побачені і на початку третьої п'ятирічки (мала тривати з 1938 по 1942 роки) в бувшому СРСР почалося будівництво доріг з покриттям із цементобетону. Однак на умовах місцевих морозів при перезволоженні ґрунтів, неоднорідності неукріпленої основи із піску, укладання бетонних плит товщиною 18-24 см, з'єднаних арматурою, виявилося невдалим: покриття швидко руйнувались [7].
Перші аеродроми із шестигранних бетонних плит будувались після 1945 року (аеропорт Жуляни). (Аеропорт Бориспіль – ШЗПС військового сектору, розібрана БУ-813 в процесі реконструкції).

Перша дорога з цементобетону почала будуватися в 1949 році на ділянці Київ – Ковель в Волинській області (рис. 2).

а) б)

Рисунок 2 – Стан цементобетонного покриття через 70 років експлуатації автодороги Київ – Ковель км. 50+300 (2004 рік): а) ділянка в хорошому стані; б) на високому насипі з поздовжніми тріщинами

Figure 2 - Condition of cement-concrete pavement after 70 years of operation of the highway Kyiv - Kovel km. 50 + 300 (2004): a) the plot is in good condition; b) on a high embankment with longitudinal cracks

Бетонні дороги в Україні, як і у всьому колишньому СРСР, порівняно активно почали розвивалися в 1960-1980-х роках. У чисельному вираженні активно – це сотнями й тисячами кілометрів, а не десятками, як було до цього на передодні Другої світової війни.

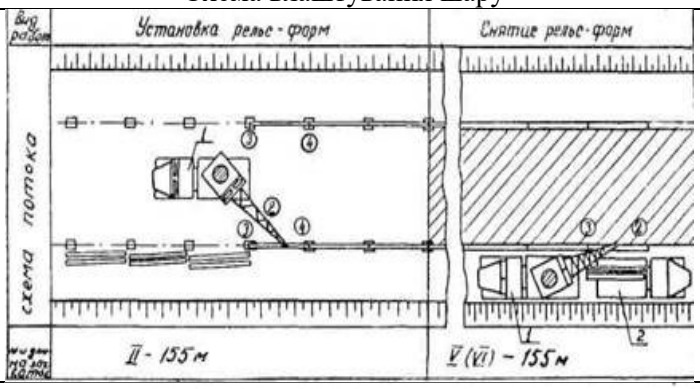
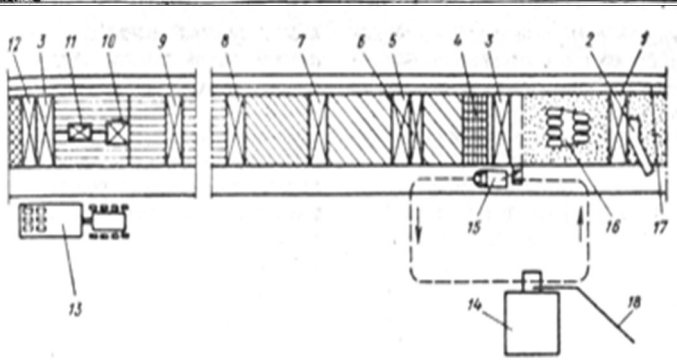
Поштовхом послужив візит у США генсека Микити Хрущова. Він був вражений якістю й поширеністю бетонних доріг і по поверненню додому розпорядився закупити американський бетоноукладальний комплект із ковзкою опалубкою. Щоб поширити цю справу на практиці, вітчизняне машинобудування по образу й подобі цієї чудо-техніки налагодило виробництво бетоноукладачів з ковзкою опалубкою, профілювальників і швонарізників (зі слів одного з вітчизняних фахівців-практиків у дорожньому бетоні С.М. Португальського).

До середини 70 -х років влаштування бетонного покриття здійснювалось в рейкоформах. Виробником комплекту рейкових машин для будівництва цементобетонних покриттів продуктивністю 250 м / зміну був Коростенський завод дорожніх машин “Жовтнева кузня”, який забезпечував продукцією весь СРСР [9]. В комплект входили: профілювальник основи ДС -502А (Д 345А),і ДС -502Б (Д 345Б), розподілювачі цементобетону ДС -503А (Д 375А),і ДС -503Б (Д 375Б), машини опоряджувальні (ДС -504А (Д 376А),і ДС -504Б (Д 376Б), рейкоформи Д-280-4М, наріжчик швів ЛС – 510 (Д-903). Модифікація машин А - для укладки смуги шириною 7,0 м, а Б – 7,5 м. Робоча довжина

рейкоформи із замком 4,0 м, загальна маса всієї ланки рейкоформи із з'єднаннями і клином 171,3 кг. Процес укладання рейкоформ та виставлення необхідної рівності дуже трудомісткий, тому паспортна продуктивність ніколи не досягалась (табл. 1). Перевагою будівництва в рейкоформах було те, що вимоги до бетонної суміші, при тогочасній якості добавок, по легкоукладальності та складу були менш строгі, ніж при будівництві комплектом машин Autograde, який завезли з США та отримав поширення з 1974 р.

Вже з другої половини 70-х було налагоджено виробництво гусеничних машин для швидкісного будівництва автомобільних доріг ДС – 100 на Брянському заводі дорожніх машин [10]. До кінця 80 – х на основі досвіду будівництва було сформовано нормативну базу та затверджено відповідні стандарти.

Таблиця 1 – Порівняння технологій влаштування цементобетонних покриттів
Table 1 - Comparison of technologies for the installation of cement-concrete pavements

Схема влаштування шару	Характеристики	Обладнання
	60-80роки Улаштування ц/бетонного покриття рельсовим комплектом ДБО-7,5. Продуктивність 30 м^3/год (L =100-120 м за зміну. дороги шириною 7,5 м)	1Бетоноукладальна машина ДБО-7,5; 2.Нарізчик швів ДНШС-60-3М; 3.Бетоноупоряджувальна машина ЭНЦ-3 для розподілу плівкоутворюючих матеріалів
	70-90 роки Швидкісне будівництво комплектом ДС100 в ковзних формах. Ширина b=7,5м. Товщина h= 26см. Продуктивність 120-150 м^3/год. (L =500м дороги шириною 7,5м/зміна)	1, Бетонорозподільник ДС-98, 2. Бетоноукладальник ДС-100, 3.Бетоноупоряджувальна машина ДС-105

Недоліки улаштування цементобетонного покриття рейковим комплектом**.**

1. Велика кількість трудовитрат по влаштуванню рейкоформ, та бетонного покриття (до 100 робітників).

2. Низька продуктивність бетоноукладальної техніки.

3. Нарізання швів ножем з закладкою Ізолу, та нарізчиками з ДНШС-60-3М з фронтальним різанням.

Перевага швидкісного будівництва.

1. Винахід бетоноукладача з ковзною опалубкою на гусеничному ході (перший запрацював у 1949 р. в шт. Айова, США), стало революцією в технології будівництва бетонних покриттів, автоматизувало всі робочі процеси укладання бетону. Такі укладальники забезпечені автоматичною системою положення робочих органів на заданому проектному рівні, що забезпечує стабільну необхідну рівність покриття ± 5мм, та товщину з допуском ±1см.

2. Винахід наріжчика швів з боковим різанням на глибину 1/3, 1/4 h, та на всю глибину алмазними дисками.

Недоліки. Неможливість роботи в стиснених умовах. Необхідний ретельний підбір складу жорсткої суміші з обов'язковим використанням добавок пластифікаторів та повітровтягувальних добавок для забезпечення стійкості стінок краю покриття після проходження ковзної опалубки.

Необхідне ретельне вібрування суміші з використанням глибинних вібраторів. Питання укладання швів розширення є стримуючим в традиційній технології швидкісного будівництва.

Слід зазначити, що купивши укладальники, не придбали цементобетонні заводи(СБ-164 (циклічної дії) – продуктивність 120 м^3/год по типу американського РЕКСА (груша 6 м^3), СБ-109 (неперервної дії) - 120…140 м^3/год, СБ-118 (неперервної дії) – 220…240 м^3/год – установки були в системі Мінтрансбуду зокрема і у БУ-813 - СБ164 та СБ109 – загальна продуктивність 200 м^3/год). Відтак користувалися заводами вітчизняного виробництва продуктивністю кілька сотень кубічних метрів у зміну, тоді як продуктивність укладальних комплектів становила тисячу - дві кубометрів бетону за зміну. У такий спосіб виник дисбаланс між продуктивністю ланок одного технологічного ланцюга, що не дозволило в постійному й стабільному режимі підтримувати високі (до 1 км у зміну) темпи укладання бетону в дорожнє полотно, як дозволяє продуктивність ведучої машини.

Займатися будівництвом бетонних доріг у ті часи було доручено переважно підприємствам Мінтрансбуду СРСР, який був оснащений як найкращою технікою, у тому числі закордонного виробництва, так і висококваліфікованими інженерами.

Будівництво бетонних доріг насамперед розгорнули на важливих і напружених у транспортному значенні напрямках. Прикладом такого роду можна назвати дорогу Москва-Сімферополь, Москва-Волгоград і багато інших. На території України на дорозі між Харковом і Новомосковськом, яка колись була частиною дороги Москва-Сімферополь, ми ще сьогодні можемо побачити порівняно протяжні ділянки з бетонним покриттям (більше 100 км).

Іншим місцем, де були поширені бетонні дороги стали важкодоступні й складні за грунтово-геологічними умовами будівництва місцевості. Будувались вони також за напрямками можливого перекидання важкої військової техніки до західних кордонів країни. Такими прикладами є ділянки доріг по напрямках Київ-Ковель-Ягодин, Київ-Чоп (на ділянці Київ-Житомир), Київ-Обухів, ділянка колишньої Волгоград-Кишинів (зараз Кіровоград-Платоново), Київ-Москва (зараз Кіпти-Глухів-Бачівськ), Київ-Суми й інші.

Таким чином, на момент проголошення незалежності Україні дісталося близько 3 тис км доріг з бетонним покриттям (рис.1). У більшості випадків їх вже ремонтували, влаштовуючи поверх бетонних покриттів шар зносу або захисний шар (асфальтобетон або поверхневі обробки). Такі дії були викликані необхідністю «підрівняти» плити й тим самим підвищити рівність й комфортність руху по них, а також збільшити зчеплення поверхні бетонного покриття.

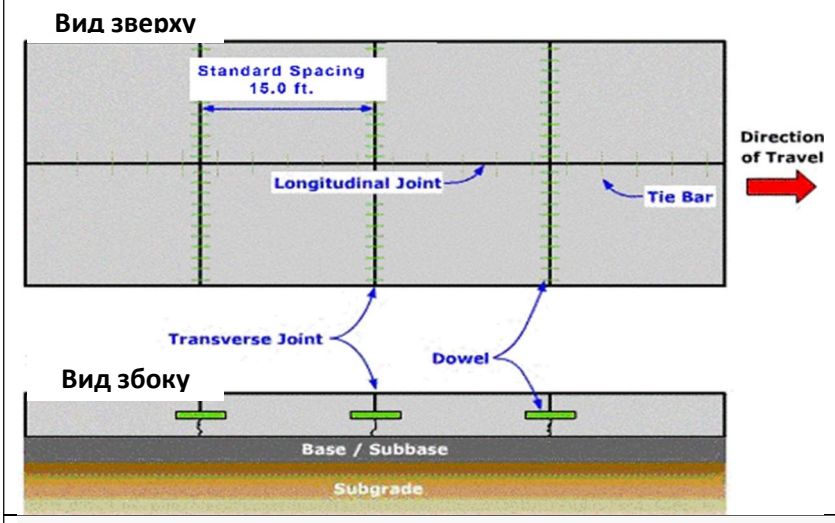
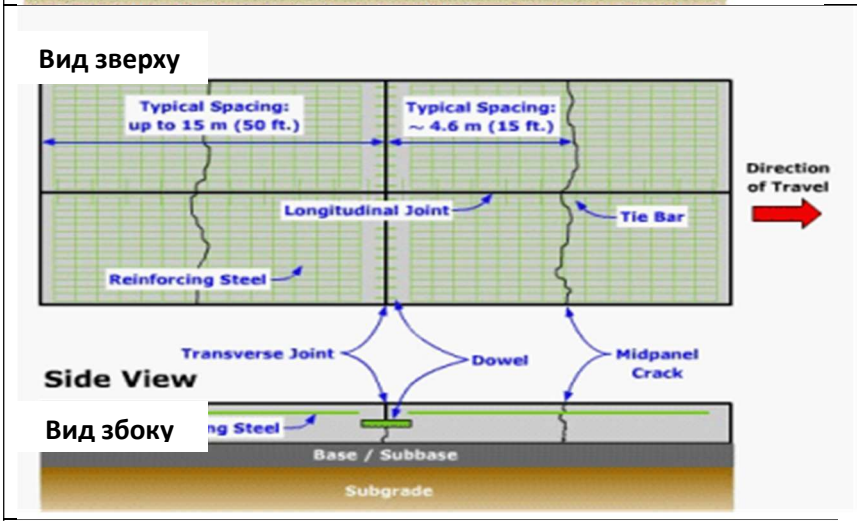
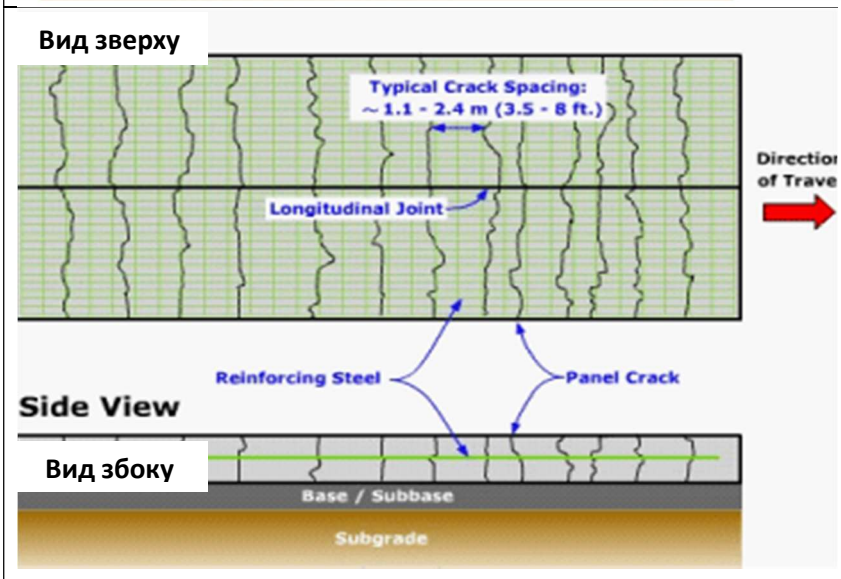
У розумінні водіїв бетонки асоціюються з міцною, але часто не комфортною дорогою через нерівності в місцях стикування плит. Експлуатаційникам вони також доставляли багато турбот з ремонтом швів або дефектів, які найчастіше утворювалися саме в цих конструктивних елементах. Іноді влітку при розширенні плит їх могло покоробити, причиною чого є «відмова» швів розтягу через їх конструкцію та забруднення.

Проте, досвід експлуатації дорожніх бетонних покриттів починаючи з 1960-х років показав, що вони є найбільш довговічними з тих, що застосовують на сьогодні дорожники в Україні. Хоча вони й розраховувалися на термін служби 25 років, фактично вони вже прослужили 30-50 років. І коли товщина покриття відповідає умовам руху, а основа під покриття міцна, надійно загерметизовані деформаційні шви, навряд чи були б до нього претензії.

Однак на початку нового тисячоліття поява нових технологій цементобетону (поява сучасних відносно недорогих суперпластифікаторів), а також підвищення навантажень і інтенсивності руху автотранспортних засобів відродили інтерес до дорожнього цементобетонну в Україні. У 2003 році на ділянці дороги Київ-Чоп (обхід м. Житомир) вперше після близько 20-ти річного забуття було влаштовано таке покриття товщиною 26 см. Ділянка довжиною 22,5 км була реконструйована за два місяці (початок 24 серпня - 7 листопада закінчення). Середній темп укладання - 500 п.м шириною 9 м. Бетоноукладач Wirtgen SP-850). Автори мали честь працювати разом з інженерами-ентузіастами, які відновили культуру дорожнього бетону на наших дорогах, а саме: С.М. Португальський, М.І. Погребняк, І.Д.Тодоров, С.А.Чернишов, М.В. Березовський, В.В.Мельниченко, С.З. Харченко, Є.Д. Прусенко, М.І. Якименко, Я.Г. Яремчук та багато інших. Є сподівання, що в найближчі роки держава зверне увагу на цементобетон як на один зі способів забезпечення енергетичної безпеки й буде розгорнуто широке будівництво нових автомобільних доріг з цементобетонним покриттям, особливо на маршрутах руху великовагових транспортних засобів. У зв'язку із цим доцільно дати короткий огляд нових технологій цементобетону і їх застосування при будівництві дорожніх покриттів у США та Західній Європі.

2. Типи конструкцій жорсткого дорожнього одягу

Таблиця 2 – Порівняння типів цементобетонних покриттів
Table 2 - Comparison of types of cement-concrete pavements

Схема	Тип ЦБ покриття
	Монолітний цементобетон (JPCP – Jointed plain concrete pavement) ▪ поперечні шви на відстані близько 5 м один від одного ▪ зі сталевими штирями в поперечних швах і анкерними штирями в поздовжніх.
	2. Армований цементобетон, залізобетон не напружуваний (JRCP – Jointed reinforced concrete pavement) ▪ поперечні шви на відстані від 9 до 12 м ▪ плити армуються сталевою сіткою, яка повинна стримувати розкриття поперечних тріщин (Ка=0,3-0,5), ▪ зі сталевими штирями в поперечних швах і з анкерними штирями в поздовжніх.
	3. Неперервно-армований цементобетон (CRCP – Continuously reinforced concrete pavement) Без поперечних швів Велика кількість поздовжньої арматури впливає на відстань між виникаючими поперечними волосяними тріщинами (~ 1,5 м). Арматура запобігає їхньому розкриттю (Ка=0,5-0,7). Їхня товщина зазвичай рівна 85-90% від товщини монолітних цементобетонних покриттів.
Набув поширення при влаштуванні покриттів аеродромів (плити ПАГ-14, ПАГ 16, ПАГ 18) та практично не застосовується при влаштуванні покриття автомобільних доріг.	4. Збірний попередньо напружений залізобетон

Конструкції жорсткого дорожнього одягу постійно вдосконалюються, відповідно до транспортних навантажень та мають характерні особливості. На сьогодні у практиці світового дорожнього будівництва застосовують три типи монолітних цементобетонних покриттів (табл.. 2).

Перший із них – цементобетон з поперечними швами на відстані близько 5 м один від одного зі сталевими штирями в поперечних швах і з анкерними штирями в поздовжніх (JPCP – Jointed plain concrete pavement). Їх називають цементобетонними покриттями звичайного типу або монолітним цементобетонним покриттям.

Другий тип – армований цементобетон (залізобетон) з поперечними швами на відстані від 9 до 12 м зі сталевою сіткою, яка повинна стримувати розкриття поперечних тріщин, і зі сталевими штирями в поперечних швах і з анкерними штирями в поздовжніх (JRCP- Jointed reinforced concrete pavement). Третій тип – неперервно-армований цементобетон без поперечних швів, у якому арматури більше, ніж в армованому цементобетонні (CRCP – Continuously reinforced concrete pavement).

Велика кількість поздовжньої арматури впливає на відстань між виникаючими поперечними волосяними тріщинами (яке може становити порядку 1,5 м). Арматура запобігає їхньому розкриттю. Часто ці безшовні покриття армують і в поперечному напрямку. Їхня товщина зазвичай рівна 85-90% від товщини цементобетонних покриттів звичайного типу для тих же умов роботи.

В Україні при будівництві автомобільних доріг набув поширення виключно тип I – монолітні цементобетонні покриття з армуванням в зоні швів. Для влаштування покриттів ЗПС та магістральних доріжок аеродромів в рівній мірі поширено як монолітні так і армобетонні покриття і є ряд аеродромів із покриттям з збірних залізобетонних аеродромних плит (аеропорт Жуляни -шестигранні плити в основі з 2-ма шарами асфальтобетону покриття, аеропорт Луцьк - в два шари) тощо).

Прошарок між бетоном і цементовмісною основою. У минулому в Німеччині прагнули забезпечити зчеплення між цементобетоном і розташованою під ним основою, що містила цемент. Зараз, навпаки, щоб відокремити цементобетонне покриття від укріпленої цементом основи.

Використовують тонкий шар гарячої асфальтобетонної суміші або полотно з геотекстилю товщиною близько 3-5 мм (поверхнева щільність 400-500 г/м^2).

Основи під цементобетонне покриття. До 1960 р. основи під цементобетонні покриття продовжували влаштовувати із піску, бо вважалося що маючи велику жорсткість бетонна плита не чутлива до міцності основи. При швидкому остиганні, краї бетонних плит піднімаються. В результаті цього дощова вода з узбіч та через незаповнені шви та тріщини в покритті проникає в піщану основу під плитами та фільтруючись через пісок замочує ґрунт земляного полотна. При проїзді важких транспортних засобів під впливом динамічного навантаження воді із під країв покриття та швів вижимається. Разом з водою із основи виноситься пісок та ґрунт перемішується з піском. Таким чином, вздовж країв покриття та особливо в зоні швів і тріщин, поступово порушується щільне та однорідне обпирання плит. Тому з 60 – х років почали влаштовувати покриття із ґрунту укріпленого цементом. Дослідження проведені в США показали, що цементогрунт з часом руйнується через недостатню морозостійкість, тому з 90 – х років м.с. під цементобетонні покриття рекомендується використовувати основу із пісного бетону, оптимальних сумішей укріплених комплексними в'яжучими або цементом. З початку 2000-х в каталогах багатьох країн в якості основи рекомендується використовувати асфальтобетон товщиною 7 – 15 см в залежності від категорії навантаження.

У якості основи під цементобетонне покриття використовують пісний цементобетон, пористий асфальтобетон, щебенево-піщані суміші, фракціонований щебінь. У Канаді для основи під цементобетонне покриття застосовують високопористий асфальтобетон, а в Європі віддають перевагу щільному асфальтобетону в основі або щебенево-піщаній суміші, укріпленій цементом. Укріплений цементом ґрунт більше не рекомендують використовувати в якості основи в ряді штатів США (наприклад у Каліфорнії) і в Європі, зокрема, у Німеччині. У минулому в Німеччині прагнули забезпечити зчеплення між цементобетоном і розташованою під ним основою, що містила цемент. З кінця 60 – тих років минулого століття, навпаки, щоб відокремити цементобетонне покриття від укріпленої цементом основи (наприклад, від пісного бетону або від обробленої цементом щебенево-піщаної суміші), використовують тонкий шар гарячої асфальтобетонної суміші або полотно з геотекстилю товщиною близько 5 мм. Досвід показав, що, хоча геотекстиль просочується цементним молоком, він усуває зчеплення між покриттям і основою.

Таким чином, причиною пошкодження поперечних швів є не лише їх стан та герметичність, а й міцність та деформативність основи. На краях плит від сукупної дії навантаження та перепадів температур на поверхні та нижній грані бетонної плити протягом навіть доби виникає так званий «клавішний ефект». В результаті такого процесу відбувається поступове деформування та руйнування

основи саме в цих місцях, і, як наслідок, плита або значно переміщається в таких місцях без руйнування, або тріскається. Небезпеку підвищує розгерметизація шва, яка забезпечує проникнення води у простір між плитою та основою й теж пришвидшує руйнування. Саме щоб запобігти цим проблемам з цементобетонними покриттями за кордоном й будують міцні монолітні основи.

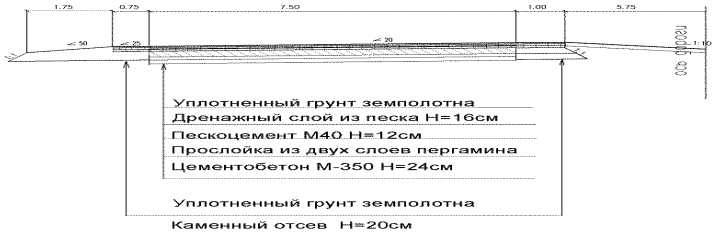
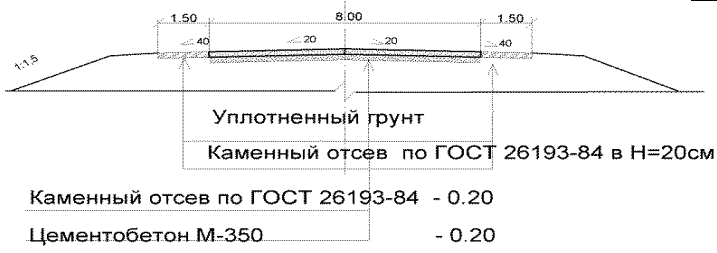
Щодо вітчизняної практики дорожнього будівництва, то за останні десять років застосовувалися лише покриття першого типу − цементобетон з поперечними швами на відстані близько 4,5 м один від одного зі сталевими штирями в поперечних швах і з анкерними штирями в поздовжніх. Основою бетонної плити поки що був ґрунт укріплений цементом, але в нових проектах вбачається тенденція до застосування пісного бетону та піщано-щебеневих сумішей оброблених цементом. Як і за кордоном, у вітчизняних проектах передбачається відокремлення бетону від цементовмісної основи шляхом укладання поліетиленової плівки або геотекстилю товщиною 3-5 мм.

3. Історичний огляд конструкцій цементобетонних доріг

Типи конструкцій цементобетонних доріг з 1949 по 2014 р. наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Характерні конструкція жорсткого дорожнього одягу основних автомобільних доріг загального користування

Table 3 - Characteristic design of rigid pavement of the main public roads

Конструкція дорожнього одягу	Автодорога
Монолітний цементобетон М 350 товщиною 18 - 22 см. Шар вирівнювання із піску - 5 см. Стабілізований шар (ґрунт укріплений цементом, або дьогтегрунт, шлак) 13 – 18 см. Ґрунт земляного полотна.	1949 Київ – Ковель Волинська обл. Міноборони в подальшому з 1954 р. Мінтрансбуд (Київська обл. 1978 р.)
	Обхід м. Львова, 1972 р.
	Кіровоград- - Кишинів, 1975 р.
	Київ – Обухів, 1970 р.
	Конструкція автодороги Москва-Сімферополь на дільниці «Обхід Новомосковська» 1970-2014р. 1-а категорія Підрядник - СУ 813, Керівник Португальський С.М.
	Конструкція автодороги Київ-Ковель-Ягодин на дільниці км 79-км 245, Київ-Чоп на дільниці «Обхід м. Житомира» км 122-145. 1960, 1994р. 3-я категорія Підрядник - СУ 813, Керівник Португальський С.М.

4. Історичний огляд конструкцій аеродромних покриттів

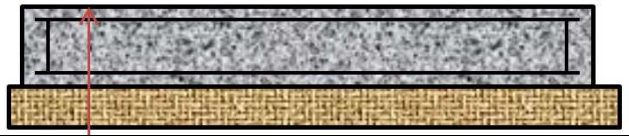
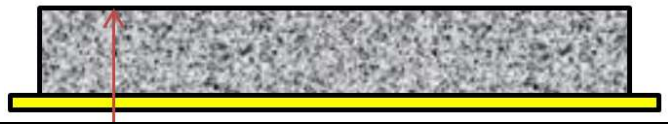
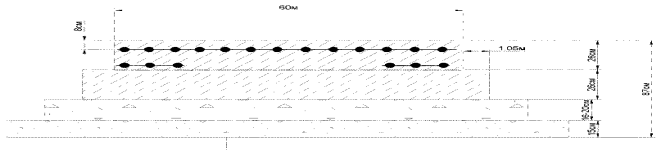
Аеродромні покриття починаючи з 1945 року будувались традиційно із цементобетону силами полонених німецьких інженерів (Жуляни, Львів, Житомир і т.п.).

В подальшому ця практика була поширена практично для всіх регіональних аеропортів (Тернопіль, Херсон, Чернівці, Миколаїв, Полтава тощо).

Справедливо було б зазначити, що сучасні конструкції і технології дорожнього цементобетонну прийшли в Україну із Європи через аеродромне будівництво. Першим прикладом була у 2001 році реконструкція злітно-посадкової смуги №1 Міжнародного аеропорту «Бориспіль», де застосовувалися конструкції аеродромного одягу та технології запозичені із Німеччини.

Наступними були аеродроми Міжнародних аеропортів «Донецьк» (2007-2012), «Львів» та «Харків» (2009-2012). Саме тут піднімались на новий рівень досвідчені ПАТ «БУ-813» і зростали у фаховому плані ТОВ «Шляхове будівництво «Альтком» та ТОВ «Спецбудбетон» (Альтис).

Таблиця 4 – Приклади конструкцій аеродромного одягу
Table 4 - Examples of aerodrome pavement designs

Конструкція аеродромного одягу	Коротка характеристика
Бориспіль. Довжина ШЗПС-2 L=3500м. Ширина B=63м. Товщина покриття h=0,26м.(Плита 7х20) 	Конструкція покриття ШЗПС ДМА Бориспіль: - залізобетон В 27,5 М 350; - грунтобітумний прошарок h=5–10см.
Одеса,Жуляни Довжина ШЗПС 2800м Ширина b=58м h=0,26 см 	Конструкція покриття ШЗПС Одеса, Жуляни (Київ): - цементобетон В 27,5 М 350; - вирівнюючий шар із піску h=5см.
Товщина покриття h=0,26м.(Плита 7,5х15) 	Конструкція армобетонного покриття ШЗПС№2 Сімферополь: - армобетон В 30 М 400; - розділовий прошарок із 2-х шарів пергаміну; - цементобетон В 30 М 400; h=0,26м; - пісний бетон В 5 М 75; h=0,20м; - грунтоцемент М40 ; h=0,15м; Ущільнене корито природної основи.

5. Нова сторінка цементобетонних покриттів. Перші за часів незалежності України 20 км дороги з бетонним покриттям, було влаштовано ПАТ «БУ-813» при виконанні капітального ремонту дороги Київ-Чоп (обхід міста Житомир) у 2003-2004 роках. Наступним проектом Житомирської САД та цього ж підрядника був капітальний ремонт дороги державного значення Київ-Ковель-Ягодин в межах області від км 80 до км 245.

Таблиця 5 – Історичні відомості про об’єкти будівництва бетонних доріг за роки незалежності (2004 – 2014 рр.

Table 5 - Historical information on the construction of concrete roads during the years of independence (2004 - 2014).

Об’єкт	Розташування	Роки
1.Будівництво і реконструкція Літної Зони №1 ДМА Бориспіль	• ШЗПС №1 L=4000м B=60м H=90см S=750тис.м^2. • Перонів S, F,D S=750 тис.м^2.	1994-2001 р.р. 1997-2014 р.р.
Будівництво і реконструкція ДМА Харків	• ШЗПС L=2500м B=60м H=85 см. • Перону S=103 тис.м^2.	2009-2012 р.р. 2009-2011 р.р.
3. Реконструкція автодороги Київ - Чоп М-05 на дільниці «Обхід Житомира»	На дільниці Км. 122,5 - км. 145. L=22.5 км.	2004 р.
4. Реконструкція автодороги Київ-Ковель Ягодин М-06	На дільниці км.80 - км.245. L=165 км.	2004-2013 р.

Слід зазначити, що до ремонту на цій ділянці дороги існувало два типи дорожнього одягу: нежорсткий – 15 км з асфальтобетонним покриттям (км 80 – км 95) і жорсткий – монолітні бетонні плити товщиною 22 см на ґрунтоцементній основі (км 95– км 245). Обидві ділянки були капітально відремонтовані із застосуванням монолітних бетонних покриттів першого типу.

На ділянці км 80 – км 95 асфальтобетон із поверхневими обробками був регенерований на місці ресайклером WirtgenWR 4200 з додаванням цементу, бітумної емульсії й нових кам’яних матеріалів. Тобто нежорстке покриття було перетворене холодним способом в напівжорстку основу, по якій укладали покриття із цементобетону марки М500 товщиною 24 см. Характерно, що на цій ділянці

поверх бетонної плити відразу була влаштована поверхнева обробка за технологією Мультимак (Microsurfasing). Таке рішення мало на меті підвищити зчіпні якості поверхні покриття, оскільки ділянка дороги пролягає у складній місцевості з точки зору утворення ожеледиці.

У випадку, коли існуюче покриття було теж бетонним, його спочатку руйнували механічним способом (за допомогою гільйотини), потім основу із битого бетону ущільнювали й влаштовували вирівнюючий шар із грунтоцементу товщиною до 30 см. А вже потім бетоноукладальником з ковзкою опалубкою Wirtgen SP850 укладали на всю ширину проїзної частини нове цементобетонне покриття товщиною 24 … 26 см. Нарізку монолітного бетону виконували через 4,5 м. Поперечні і поздовжній (по осі) шви армовані сталевими дюбелями обробленими полімерною краскою діаметром AI d 22 мм. Через кожні 400 м були влаштовані шви розширення, конструкція яких запозичена з Німеччини.

6. Сучасний стан будівництва дорожнього цементобетону

На сьогоднішній день в Україні запроваджується будівництво доріг із цементобетонним покриттям. Перша, за останні 10 років, така дорога будується в Полтавській області – Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка. З 2019 року започатковано, а з 2020 року заплановано продовжити роботи на одній із найскладніших доріг в Україні – Н-14 Кропивницький – Миколаїв. Ця дорога буде побудована з цементобетонним покриттям.

Таблиця 6 - Дані про підрядні організації та відповідальні особи на кожній з ділянок будівництва цементобетонного покриття автомобільних доріг

Table 6 - Data on contractors and responsible persons at each of the construction sites of cement-concrete pavement of roads

Ділянка авто мобільної дороги	Генпідрядник / Субпідрядник	Відповідальні особи з проектування влаштування цементобетонного покриття	Період будівництва покриття
Автомобільна дорога Н-14 Олександрівка - Кропивницький - Миколаїв			
км.153+196-км.161+204	ТОВ "Європейська дорожньо-будівельна компанія".	Пшеничний Андрій Петрович (керівник проекту), Зіненко Сергій Сергійович (директор), Бобух Роман Миколайович (керівник дільниці), Щерба Ігор Олександрович (начальник технічного відділу).	2021
км.161+204 - км.162+338	ВАТ "Будівельно-монтажний трест №8". Субпідрядник з влаштування цементобетонного покриття - ТОВ "Європейська дорожньо-будівельна компанія".		2019
162+338 - км.165+000	ТОВ "Шляхове будівництво "АЛЬТКОМ". Субпідрядник з влаштування цементобетонного покриття - ТОВ "Європейська дорожньо-будівельна компанія".		2019
км.172+000 - км.175+000			2019
км.175+000-км.190+000	ТОВ "Європейська дорожньо-будівельна компанія".		2020
Автомобільна дорога Н-31 Дніпро - Царичанка - Кобеляки - Решетилівка			
км.129+400-км.131+150	ТОВ "Шляхове будівництво "АЛЬТКОМ" Субпідрядник з влаштування цементобетонного покриття - ТОВ "Європейська дорожньо-будівельна компанія"	Зіненко Сергій Сергійович (директор), Бобух Роман Миколайович (керівник дільниці), Вольвач Анна Миколаївна (інженер технічного відділу)	2018-2020
км.150+000-км.155+000	ТОВ "Шляхове будівництво "АЛЬТКОМ" Субпідрядник з влаштування цементобетонного покриття - ТОВ "Європейська дорожньо-будівельна компанія".	Зіненко Сергій Сергійович (директор), Бобух Роман Миколайович (керівник дільниці), Юречко В'ячесла Анатолійович (виконроб), Вольвач Анна Миколаївна (інженер технічного відділу).	2020-2021

Наприкінці 2019 року в Полтавській області відбулося з'єднання правого проїзду частин бетонної дороги Н-31 Дніпро-Царичанка-Кобеляки-Решетилівка, виконаних двома підрядниками – Onur і "ТОВ "Шляхове будівництво "АЛЬТКОМ" (табл. 6). 147-кілометрова національна автодорога була побудована в 1960-х роках. Сьогодні частина старої асфальтної дороги перетворюється в сучасну 4-смугову цементобетонну магістраль.

На будівництво 80-кілометрової ділянки з двома масштабними транспортними розв'язками, що почалося у 2017 році, відводиться 5 років. Зараз рух вже відкрито на ділянці в 15 км по різним шарами бетону по правому проїзду. Загальна вартість дороги – близько 12 млрд. грн. Фінансування – держбюджет.

2019 рік для "Автомагістралі-Південь" став роком технічного переоснащення. З кінця серпня 2019 на автодорозі Н-14 "Олександрівка-Кропивницький-Миколаїв" в межах Миколаївської області працює новий бетоноукладач WIRTGEN[1] SP 124. Влаштовано верхній шар покриття на ділянці км 165-км 172 даної дороги. Новим бетоноукладачем уже влаштовані перші кількасот метрів покриття цементобетонної дороги. Протяжність ділянки з бетонним покриттям по Н-14 – 45,6 км.

Крім Н-31 і Н-14, за цементобетонною технологією робиться реконструкція об'їзної Житомира на М-06 Київ-Чоп (на Будапешт через Львів, Мукачеве, Ужгород) на ділянці км 129+600 – км 151+730, Житомирська обл.

Цементобетонне покриття ІІ – ї категорії знаходиться в межах старого покриття. Додатково виконана присипка (поширення ЗП) на 1м узбіччя для досягнення ширини з параметрів ІІІ – ї категорії 12 м до 14,5м як для ІІ – ї категорії.

Конструкція нового покриття включає вирівнюючий шар із грунтоцементу марки М 40 товщиною 18 см. Покриття із монолітного цементобетонну класу міцності на стиснення В 40, на розтяг при згині B_{btb}-4,4 товщиною 26 см.

Розмір бетонних плит після реконструкції становить 4,5 м (довжина)×4,5 м (ширина). Шви розширення не виконувались. Замість них через кожні 150 … 450 м влаштовані компенсаційні шви в кінці робочої зміни. Це рішення було в той час новим для практики дорожнього будівництва. При влаштуванні швів використовували той же склад цементобетону тільки за рахунок добавлення води збільшувалась легкоукладальність сумішей до П3…..П4 з осадкою конуса 10…14 см. У результаті цього міцність бетону зменшилась до класу міцності В 25….В 30 і зона швів є слабким місцем в конструкції.

Автомобільна дорога була введена в експлуатацію в 2005 році і практично через рік почали утворюватись поздовжні тріщини на відстані 1,5-2 м від краю бетонної плити. Для захисту конструкції від попадання через тріщини в основу поверхневих вод у 2006 р. на першій ділянці довжиною 12 км було влаштовано тонкошарове покриття (ТШП) із емульсійно-мінеральної суміші Мультимак (підрядник фірма Бітунова – України). Цей захід дозволив сповільнити темп наростання тріщиноутворення, яке становить менше 10…15% на захищеній ділянці. При цьому тріщини в основному волосяні. На ділянці без ТШП загальна довжина тріщини досягає до 40% від протяжності дороги. Розкриття тріщин до 1 … 3 см. У процесі експлуатації автомобільної дороги догляду за технічним станом практично не було, а заходи по експлуатаційного утриманню швів не проводилися. Стан заливки швів бажає кращого, що пов'язано з відсутністю якісних недорогих мастик і заливщиків швів. Це призводить до проникнення води через тріщини покриття, яка далі через тріщини укріпленої основи проникає в ґрунт земляного полотна.

У 2010 р. виконано проект переведення дороги в І-б категорію з використанням існуючого профілю. Передбачено влаштування шару зносу із тонкошарового покриття із емульсійно-мінеральної суміші типу Slurry Seal товщиною 0,02 м.

Зазначимо, що найвідоміша цементно-бетонна дорога в Україні — це автомобільна дорога міжнародного значення «Варшавка» довжиною 487 кілометрів. Вона з'єднує Київ—Ковель та контрольно-пропускний пункт «Яготин».

Конструкція нового покриття включає вирівнюючий шар із грунтоцементу марки М 40 товщиною 16 см. Покриття із монолітного цементобетонну класу міцності на стиснення В 40, на розтяг при згині Bbtb4,4 товщиною 26 см.

7. Склади цементобетонну. Приклад підбору складу цементобетонну виконаний відділом цементобетонних покриттів ДерждорНДІ (к.т.н. Харченко С.З.) наведено нижче. За даними випробувань середнє значення міцності на стик становить R_{cm}= 53 МПа, а коефіцієнт варіацій близький до середньо галузевого C_v=13,5%.

За легкоукладальністю цементобетонна суміш відносилась до марки Ж1.

Суміш підібрана в відповідно до ДСТУ Б В.2.7-215 і становила на 1 м^3:

- портландцемент ПЦ М 400 Д0 Ц – 420 … 440 кг;
- щебінь гранітний (фр. 5 -10, 10 -20 та 20 – 40 мм) Щ – 1300 кг;
- пісок середній з Мк 2,9 – П – 560 кг;
- Добавки: Пластифікатор – < 2 кг;
- Повітровтягувальна – 0,8 кг.

Вміст повітря, для забезпечення морозостійкості за маркою F 200 від 5 до 6%. Цементобетонне покриття автодороги Київ – Ковель збудовано силами ПАТ "БУ – 813" в 2005 – 2010 роках.

Приклади підбору складу бетонних сумішей для різних технологій влаштування покриття наведено в роботах [11 - 12].

8. Основні технологічних операцій з будівництва цементобетонного покриття

Основні технологічних операцій з будівництва цементобетонного покриття (розділено на IX етапів) наведено в табл. 7.

Таблиця 7 – Основні технологічних операцій з будівництва цементобетонного покриття

Table 7 - The main technological operations for the construction of cement concrete pavement

Загальний вигляд	Опис технологічних операцій
	I етап - Зняття напружень в цементобетонному покритті гільотиною BTZ 7000 Перевага механічного методу руйнування: 1.Застосування старого покриття як основи із збереженням несучої спроможності та трудовитрат на розбирання 2.Не порушуються суцільність покриття як основи. 3.Дає можливість руху технологічного транспорту та тимчасового проїзду.
	II етап – Поширення старого покриття Влаштування ровиків поширення на ширину до 2-х метрів з кожної сторони за методом укочування із щебенево-піщаної суміші обробленої цементом.
	III етап – Влаштування вирівнюючого прошарку комплектом профілювальників ДС-100 Влаштування прошарку із суміші супіску і кам'яних висівок оброблених цементом ПЦ-500 по ГОСТ 23558-94
	IV етап – Влаштування верхнього шару покриття Влаштування верхнього шару покриття із цементобетону В40 (М550) Ж1 F200 товщиною h=26см через розділовий прошарок із поліетиленової плівки товщиною 300 мкр.

	V етап – нанесення плівкоутворюючого матеріалу Нанесення плівкоутворюючого матеріалу Wirtgen TSN-1800
	VI етап – нарізання швів в свіжоукладеному покритті Нарізання швів в свіжоукладеному покритті нарізчиками Цедіма CF-198 h=1/4 (1/3)·h.
	VII етап – розшивка швів: Ширина поперечних 8 мм. Повздовжніх 12 мм. Глибина 40 мм.
	VIII етап – герметизація швів на глибину h=20мм котел Shafer LS 600/500 з закладкою дилатанційного термостійкого шнуру d10-16мм.
	IX етап – Застосування тонкошарових покриттів “Мультимак” на стадії будівництва жорстких покриттів. а/д Київ-Ковель – Ягодин км.78 - км. 90 (район Малина).

9. Порівняння методів влаштування деформаційних швів

Найбільшим недоліком та найслабшим місцем в бетонних покриттях є наявність швів, влаштування яких необхідне для забезпечення стійкості при зміні температури.

Сучасна бетоноукладальна техніка **«Wirtgen»**

- дозволяє влаштовувати покриття в один шар з різними способами армування стержнями (штирями) в зоні шва.
- дозволяє влаштовувати покриття товщиною до h=45см за один прохід методом зрощування двох шарів бетону, без влаштування корзин.

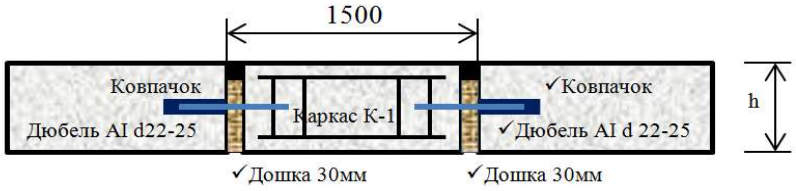
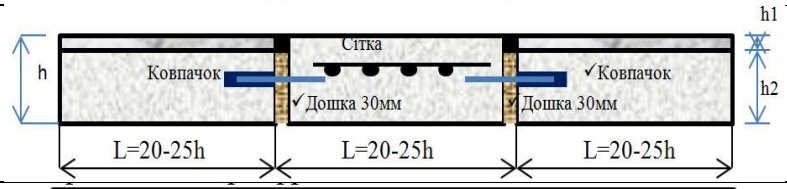
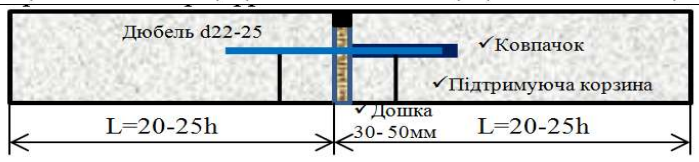
- дозволяє виконати армування деформаційних швів стиску (поперечних і подовжніх)в автоматичному режимі методом занурювання діаметром d 22-25мм.

Переваги та недоліки різних способів влаштування швів наведено в табл. 8.

Таблиця 8 – Основні переваги і недоліки влаштування армування в зоні швів
Table 8 - The main advantages and disadvantages of reinforcement in the area of the seams

На корзинах	**Автоматичне занурення**
Переваги: Дає можливість влаштування шва розширення при значно менших трудовитратах без зупинки процесу бетонування. **Недоліки:** 1.Потребує додаткової кількості металу та трудовитрат для виготовлення і влаштування підтримуючих корзин та їх кріплення. 2.Неможливість фронтальної подачі цементобетонної суміші. Потребує додатковий боковий механізм подачі (бетонорозподільник з боковою подачею, або перевантажник), що веде до збільшення параметрів земляного полотна для організації руху технологічного транспорту. 3.Недоущільнення шару цементобетону при товщині більших 30см. 4.Швидкість влаштування покриття на 20-30% нижча. 5.Неможливість влаштування шарів цементобетону різної міцності за один прохід та товщині більше 30см в ковзній опалубці.	**Переваги:** 1.Не потребує корзин для кріплення дюбелів і анкерів. 2.Дає можливість фронтальної подачі цементобетону автосамоскидами без додаткових технологічних операцій. 3.Дозволяє максимально автоматизувати влаштування деформаційних швів стиску ,та якість їх влаштування. 4.Значно нижчий термін часу влаштування 1 м^3 цементобетону, що не веде до хибного схоплювання цементобетонної суміші. 5.При застосуванні двошарових бетоноукладачів; - Значно поліпшується однорідність та міцність цементобетонного покриття в місцях влаштування деформаційних швів - Можливість застосування різних класів цементобетону за один прохід. - Влаштування товщини покриття до 45см та шириною до 15м. **Недоліки:** 1. При одношаровому порушуються однорідність суміші та міцність верхньої частини покриття.

Таблиця 9 - Варіанти влаштування швів розширення
Table 9 - Options for the expansion seams

Схема	Опис
	1.При фронтальній подачі цементобетону Влаштування залізобетонної вставки із сталевого каркасу К-1 (крок 150х150 мм d 16 мм)
	1а. Влаштування армобетонної вставки із стальної сітки
	2. При боковій подачі цементобетону на корзинах, або методом засверлювання при фронтальній подачі.

Висновки.

1. Будівництво цементобетонних покриттів має достатньо довгу та цікаву історію і свої традиції в Україні. На сьогодні є приклади дорожніх цементобетонних покриттів, що прослужили більше 50 років, що підтверджує позитивний досвід дорожнього будівництва в галузі будівництва бетонних покриттів.

2. Є хороший досвід при будівництві доріг та аеродромів з бетонними покриттями в Україні в 1994 - 2015 роках.

3. Однак формулювання висновку про хороший досвід не означає все пройшло гладко. Проблеми з деякими ділянками, що мають задовільну поздовжню рівність, тріщини, недостатню шорсткість і герметичність плит, потребують детального теоретичного опису та експериментальної перевірки.

4. Досвід показує, що можна уникнути багатьох проблем, якби інвестори, проектувальники та підрядники приділяли більше уваги деталям і враховували дорогоцінний досвід.

5. Утримання та ремонт бетонних покриттів в Україні недостатньо розвинуте, в порівнянні з будівництвом нових. Питання технічного обслуговування вимагають глибоких знань фахівців та значного досвіду. На практиці є лише незначна група професіоналів, що потребує серйозної роботи по підготовці кадрів для галузі.

6. Багато треба зробити щодо створення доброї традиції в Україні у використанні експертизи для запобігання проблемам технічного обслуговування.

7. Цементобетонні покриття довговічні, стабільні в роботі при зміні напружень і навантажень, екологічно чисті та високотехнологічні, що не потребують великої кількості енерго- та паливо витрат, мають значно нижчу собівартість цементу як в'яжучого по відношенню до бітуму. І основне, цемент є вітчизняним в’яжучим, на відміну від бітуму, що експортується.

Цементобетон в дорожньому будівництві - це технологія яка потребує чіткого дотримання технологічних етапів влаштування та наукового супроводу.

За ступенем впливу на довговічність можна виділити такі основні вимоги до ЦБ покриттів: недостатня міцність на розтяг при згині, недостатня товщина шару цементобетону, слабкий ґрунт земляного полотна і/або недостатня несна здатність основи, відсутність дренажу, незадовільна нарізка швів та несвоєчасна заливка/заповнення швів тощо.

8. Із загального аналізу видно, що повернення до традиції виконання у Україні дороги з бетонними покриттями дуже вигідні з економічної, соціальної та екологічної точок зору.

До існуючих доріг, з строком служби більше 50 років слід відноситися як до “пам’ятників дорожньої культури з відповідними охоронними заходами. На об’єктах такого будівництва треба ставити пам’ятні знаки, з прізвищами та короткою біографією фахівців дорожників. Таким чином буде збережено пам'ять про людей, які своєю важкою працею створили об’єкти інфраструктури та буде піднесено престиж спеціальності.

Набутий безцінний досвід та традиції мають бути зафіксовані в паспорті кожної ділянки дороги, для чого треба зібрати по крупинках свідчення про технологію та матеріали від начальників, виконробів та робітників, які будували конкретні ділянки доріг.

Перелік посилань

1. Кудрявцев А.С. Очерки истории дорожного строительства в СССР. Дооктябрьский период / А. С. Кудрявцев. - М: [1951] (2016). 332 с.

2. Бабков В. Ф. Развитие техники дорожного строительства. М.: Транспорт, 1988. 272 с.

3. Гамеляк І.П., Корецький А.С., Корецький С.С. Про необхідність будівництва в україні автомобільних доріг із цементобетонним покриттям // Науково-виробничий журнал № 5 (235) вересень – жовтень 2013 р. С. 24 -31.

4. Дубелир Г.Д. Автогужевые дороги Том первуй. ОГИЗ ГОСТРАНСИЗДАТ. 1934. 455 с.

5.Джорджадзе А.З. Дорожное дело в Соединенных Штатах Северной Америки. М: Транспечать НКПС. 1930. 112 с.

6. Betonstrassenbau in Deutschland, Herausgegeben Vom Deutschen Zement-Bund. Berlin – Charlottenburg , Zementverlag G.M.B.H. 1936.

7. Автомобильные дороги Беларуси. Очерки истории развития дорожной отрасли / В. И. Яромко [и др.]. – Минск: НПО «Белавтодорпрогресс», 1999. 249 с.

8. Из истории строительства автомобильных дорог. Строительно-информационный портал. Дата обращения: 8 декабря 2019. http://fccland.ru/dorozhno-stroitelnye-mashiny/206-iz-istorii-stroitelstva-avtomobilnyh-dorog.html

9. Дорожные машины. Каталог - справочник. Часть 2. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1977. 155 с.

10. Марышев Б.С., Петрушин А.К., Шейнин А.М. Скоростное строительство дорожных одежд с цементобетонным покрытием. М., Транспорт, 1978. 216 с.

11. Гамеляк І.П., Шургая А.Г., Якименко Я.М., Чиженко Н.П., Карпюк О.А. Высокопрочный цементобетон с комплексными добавками для дорожного и аэродромного строительства. Минск, Республіка Беларусь, Автомобильные дороги, № 2 (16), 2015. 9 с..

12. Гамеляк І. П. Дорожній цементобетон для будівництва місцевих доріг/І.П. Гамеляк, А.Г. Шургая, А.М. Дмитриченко // Автомоб. дороги і дорожнє буді-во Національного транспортного університету. К., 2018. Вип. 103. С. 25 – 34.

HISTORY AND PERSPECTIV OF CONSTRUCTION CEMENT-CONCRETE ROAD AND AIRFIELD PAVEMENT IN UKRAINE

Gameliak Igor Pavlovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «Airports», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, https://orcid.org/0000-0001-9246-7561

Ostroverkhyi Oleg Grigorovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of «Airports», National Transport University, e-mail: oostroverkhiy@gmail.com, +380974848976, https://orcid.org/0000-0003-2182-2209.

Moroz Vladimir Sergeevich, Engineer of Scientific Production Association "Transengineering" Kiev, e-mail: vsmoroz1@gmail.com , +38093 610 59 95 ORCID https://orcid.org/0000-0001-9763-6213

Annotation. The article is devoted to the analysis of experience of construction of highways with a cement concrete pavements in Ukraine since the end of 40th years of the last century of this time. Listed. types of constructions of rigid road clothes, historical review of constructions of highways and airfields with a cement-concrete pavements, the most important innovations in designs and technologies of road cement concrete. An example of selection of the composition of cement-concrete mixture for the arrangement of concrete pavement of highways is given.

The object of research is the processes of construction of cement-concrete pavement of highways.

The purpose of the article is to inform specialists and the public about the experience of construction of cement concrete roads since the late 40s of the last century and to provide the most important innovations in the construction and technology of road cement concrete.

Research methods - scientific and experimental.

The results of the article can be used in the operation of road and airfield pavements with cement-concrete layer.

Key words: cement concrete, pavement, rigid pavement, high-speed construction.

Reference

1. Kudriavtsev A.S. Ocherky ystoryy dorozhnoho stroytelstva v SSSR. dooktiabrskyi peryod / A. S. Kudriavtsev. - M: [1951] (2016). 332 s.

2. Babkov V. F. Razvytye tekhnyky dorozhnoho stroytelstva. M.: Transport, 1988. 272 s.

3. Gameliak I.P., Koretskyi A.S., Koretskyi S.S. Pro neobkhidnist budivnytstva v ukraini avtomobilnykh dorih iz tsementobetonnym pokryttiam // Naukovo-vyrobnychyi zhurnal № 5 (235) veresen – zhovten 2013 r. S. 24 -31.

4. Dubelyr H.D. Avtohuzhevыe dorohy Tom pervыi OHYZ HOSTRANSYZDAT 1934. 455 s.

5.Dzhordzhadze A.Z. Dorozhnoe delo v Soedynennыkh Shtatakh Severnoi Ameryky. M: Transpechat NKPS. 1930. 112 s.

6. Betonstrassenbau in Deutschland, Herausgegeben Vom Deutschen Zement-Bund. Berlin – Charlottenburg , Zementverlag G.M.B.H. 1936.

7. Avtomobylnыe dorohy Belarusy. Ocherky ystoryy razvytyia dorozhnoi otrasly / V. Y. Yaromko [y dr.]. – Mynsk: NPO «Belavtodorprohress», 1999. 249 s.

8. Yz ystoryy stroytelstva avtomobylnыkh doroh. Stroytelno-ynformatsyonnыi portal. Data obrashchenyia: 8 dekabria 2019. http://fccland.ru/dorozhno-stroitelnye-mashiny/206-iz-istorii-stroitelstva-avtomobilnyh-dorog.html

9. Dorozhnie mashyni. Kataloh - spravochnyk. Chast 2. M., TsNYYTЭstroimash, 1977. 155 s.

10. Marыshev B.S., Petrushyn A.K., Sheinyn A.M. Skorostnoe stroytelstvo dorozhnыkh odezhd s tsementobetonnым pokrытyem. M., Transport, 1978. 216 s.

11. Gameliak I.P., Shurhaia A.H., Yakymenko Ya.M., Chyzhenko N.P., Karpiuk O.A. Vыsokoprochnыi tsementobeton s kompleksnыmy dobavkamy dlia dorozhnoho y aэrodromnoho stroytelstva. Mynsk, Respublika Belarus, Avtomobylnыe dorohy, № 2 (16), 2015. 9 s..

12. Gameliak, I. P. Dorozhnii tsementobeton dlia budivnytstva mistsevykh dorih/I. P. Hameliak, A. H. Shurhaia, A. M. Dmytrychenko // Avtomob. dorohy i dorozhnie budi-vo Natsionalnoho transportnoho universytetu. K., 2018. Vyp. 103. S. 25 – 34.