

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ УКРАЇНИ

*Дмитрієв М.М.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, dntu.dnn@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0443-5469

*Гамеляк І.П.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, gip65n@gmail.com., orcid.org/0000-0001-9246-7561

*Островерхий О.Г.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, oostroverkhyy@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2182-2209

*Дмитриченко А.М.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, andrew\_d@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6144-7533

## USE OF PRODUCTION WASTE IN ROAD CONSTRUCTION OF UKRAINE

*Dmitriev M.*, Doctor of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, dntu.dnn@ukr.net, 0000-0003-0443-5469

*Gameliak I.*, Doctor of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, gip65@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9246-7561

*Ostroverkhyi O.*, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, oostroverkhyy@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2182-2209

*Dmytrychenko A.*, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, andrew\_d@ukr.net, rcid.org/0000-0001-6144-7533

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ УКРАИНЫ

*Дмитриев Н.Н.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dntu.dnn@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0443-5469

*Гамеляк И.П.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, gip65n@gmail.com., orcid.org/0000-0001-9246-7561

*Островерхий А.Г.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, oostroverkhyy@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2182-2209

*Дмитриченко А.Н.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, andrew\_d@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6144-7533

### *Постановка проблеми.*

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 04 грудня 2019 р. № 1420-р «Про застосування відходів виробництва в дорожньому будівництві» рекомендується під час здійснення публічних закупівель робіт та послуг застосовувати неціновий критерій “Заходи із захисту довкілля” з питомою його вагою не менше 10%, який характеризуватиметься показником “рівень використання відходів виробництва та дорожньо-будівельних матеріалів, отриманих з їх використанням як заповнювачів”. Також рекомендується у договорах на будівництво або надання послуг з поточного ремонту автомобільних доріг в Запорізькій, Донецькій, Луганській, Дніпропетровській, Миколаївській, Кіровоградській областях передбачати положення щодо доцільності використання відходів виробництва згідно з відповідними нормативними документами, у тому числі з питань екологічного маркування [1].

Коментуючи рішення Уряду, Міністерство інфраструктури [2] та Укравтодор [27] заявляли про новизну застосування металургійних шлаків та зол-виносу теплових електростанцій у дорожньому будівництві, відсутність нормативних перешкод та зменшення вартості будівництва доріг за рахунок того, що багато українських підприємств радо готові ділитися ними абсолютно безкоштовно, а якщо і є якісь витрати, то вони лише на логістику, і то не завжди. Стверджувалося, що регламентовано вимоги до технологічних процесів та складових дорожнього бетону, головною з яких є застосування безпосередньо металургійних шлаків [2].

На відміну від сказаного високопосадовцями, широкого розмаху роботи по використанню металургійних шлаків, зол і золошлакових матеріалів у дорожньому будівництві України набули ще в 70-х роках минулого століття [25]. Пов'язано це було також з урядовими постановами щодо утилізації відходів промисловості.

#### *Актуальність теми.*

На сьогоднішній день у всіх промислово розвинених країнах найбільшим джерелом емісії промислових відходів є галузь чорної металургії. Промислові відходи даної галузі добре вивчені, широко використовуються, весь їх корисний потенціал постійно знаходиться під пильною увагою вчених матеріалознавців і регулярно знаходить все нові й нові способи застосування. Матеріали аналізу галузі містяться в статистичних джерелах. За найсвіжішими даними тільки по Україні металургійна промисловість щорічно виробляє близько 19 мільйонів тон відходів. Їх запаси й постійний приріст є як великою екологічною проблемою, так і джерелом необхідної сировини для технічних і технологічних цілей в такій науковій дисципліні, як будівельне матеріалознавство.

#### *Мета дослідження.*

В результаті вивчення структури утилізації даних відходів було встановлено, що частка даних відходів для будівельної галузі становить менше 20% по відношенню до річного приросту їх запасів. Дана проблема успішно вирішується шляхом використання промислових відходів у вигляді сировини для виробництва будівельних матеріалів. Ці питання в науковій літературі розглядаються як комплексна утилізація промислових відходів.

#### *Завдання роботи.*

У даній роботі досліджується усталена практика та технічні умови застосування в дорожньому будівництві шлаків чорної металургії, золи-виносу теплових електростанцій та золошлаків, як один із способів утилізації промислових відходів.

#### *Основний матеріал дослідження і отримані результати.*

Нормативно-технічне регулювання використання відходів виробництва в дорожньому будівництві України.

#### *Загальні положення.*

Рівень якості кінцевої продукції будівництва визначається якістю проміжної продукції, що включає нормативну і проектну документацію, будівельні матеріали, конструкції та обладнання, будівельно-монтажні роботи, а також проблему якості експлуатації будівель і споруд.

Початкова й засаднича складова якості будівництва – вимоги стандартів і їх рівень, що мають бути суспільно необхідними. Відповідно до статті 1 Закону України «Про стандартизацію» нормативними документами є кодекси усталеної практики, стандарти та технічні умови. Вони встановлюють нормативний рівень якості кінцевої продукції будівництва, базуючись на наукових і експериментальних дослідженнях, виходячи з вимог вирішення соціально-економічних завдань, перспектив розвитку науково-технічного процесу, технічних і економічних можливостей держави.

Нижче наводяться нормативні документи, в яких деталізовані основні вимоги до металургійних шлаків, зол і золошлакових матеріалів, що використовувалися в дорожньому будівництві, а також характерні вимоги, хронологія та сфера їх застосування. Вони засновані на узагальнених результатах досліджень СоюздорНДІ, його філій, ДерждорНДІ і ряду інших науково-дослідних організацій з урахуванням виробничого досвіду.

У спадок від Радянського Союзу Україні дісталися будівельні нормативи на використання відходів промисловості в дорожньому будівництві, введені в дію ще задовго до 1991 року. У 70-80-х роках минулого сторіччя золи й золошлакові суміші використовували при спорудженні земляного полотна автомобільних доріг, де ресурси традиційних мінеральних ґрунтів були обмежені [24].

Шлаковий щебінь, пісок та готові щебенево-піщані суміші із відвальних шлаків чорної й кольорової металургії застосовували для влаштування основ, як заповнювач і мінеральний порошок – в дорожніх асфальтобетонах. Гранульований доменний шлак та золи сухого вловлювання застосовували в якості самостійного в'язучого, а також як активну добавку до цементу та бітуму в органо-мінеральних сумішах. Тільки в бетонах застосування шлакового щебеню і піску було обмежене деякими виробами. У складі бетону для дорожніх покриттів та мостових конструкцій застосування таких матеріалів було заборонено.

Щебінь отримували сортуванням шлаку, розробленого у відвалах. Вже тоді спіткнулися з рядом проблем: шлаки у відвалах є неоднорідними за складом й властивостями; залежно від умов охолодження ступінь їх кристалізації різна. Як наслідок – неоднакова їх пористість і міцність. У

в'язку з цим проводилася вибіркова розробка старих відвалів. Також збагачували щебінь і пісок після розсіву шлаку шляхом домішування природного щебеню або піску.

Щодо зол та золошлаків, то існують три основних напрямки їх утилізації в будівництві: використання в'язучих властивостей золи; застосування зол та золошлаків у бетонах; розвиток виробництва пористих наповнювачів і легких бетонів різного призначення [26].

#### *Аналіз нормативної бази.*

ГОСТ 3344-73 «Щебінь і пісок шлакові для дорожнього будівництва. Технічні умови». Затверджено в 1973 році. Поширювався на щебінь і пісок, а також готові щебенево-піщані суміші із шлаків чорної та кольорової металургії, призначені для будівництва автомобільних доріг (покриттів, основ, додаткових шарів основ і інших конструктивних шарів дорожнього одягу) [18]. Вимоги стандарту не поширювалися на матеріали, застосовувані для приготування дорожнього цементобетону. У 1983 році стандарт було поновлено. Для цих матеріалів нормувалися: зерновий склад; вміст пиловидних та глинистих часток; вміст слабких зерен; наявність домішок металу та сторонніх засмічувальних домішок; марка міцності за дробильністю та стиранистю; морозостійкість; активність та стійкість структури шлаку (сировини) проти розпадів; величина ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів шлаку.

ГОСТ 9128-76 «Суміші асфальтобетонні дорожні, аеродромні і асфальтобетон. Технічні умови» дозволяв застосування металургійних шлаків і золи виносу теплоелектростанцій, як заповнювача й мінерального порошку в дорожніх асфальтобетонах всіх марок [18].

Щебінь з металургійних шлаків дозволялося застосовувати в усіх типах та марках асфальтобетонів залежно від його марки за міцністю та стиранистю, що іншими словами означало – без обмежень категорій доріг та конструктивних шарів. Мінеральний порошок мав виготовлятися виключно з основних металургійних шлаків або зол-виносу ТЕЦ і задовольняти встановленим вимогам [18].

З введенням у дію ГОСТ 9128-84 в 1984 році обмежилася сфера застосування відходів промисловості, допускаючи використання зол-виносу і золошлакових сумішей в якості мінеральних порошоків лише для пористого і високопористого асфальтобетону, а також щільного асфальтобетону лише марок II і III [19]. Для мінеральних порошоків із золи нормувалися: зерновий склад; пористість; водостійкість зразків із суміші порошку з бітумом; показник бітумомісткості; втрати при прожарюванні; вміст активних оксидів кальцію і магнію, а також водорозчинних сполук.

Зміни нормативної бази яскраво свідчить, що шлаки чорної та кольорової металургії в радянські часи були хорошою сировиною для виробництва дорожньо-будівельних матеріалів. Найбільшою мірою використовували шлаки чорної металургії, особливо доменні. Більше 50% доменних шлаків перероблялося в гранульований.

Поширення шлаків по території України, хоча й нерівномірне, проте логістична складова робила їх ефективними й за межами промислових регіонів. Матеріали транспортували до об'єктів будівництва дешевим й розвиненим на той час залізничним та річковим транспортом. Тому в дорожньому будівництві вони були поширеними не лише в регіонах Донбасу й Кривбасу, де за критерієм дальності транспортування вони були місцевим матеріалом. Нерідко їх застосовували в безкам'яних північно-східних областях, у центрі та на півночі країни вздовж Дніпра, де перевага надавала доставка річковим транспортом.

ВСН 185-75 «Технічні вказівки по використанню зол-виносу і золошлакових сумішей від спалювання різних видів твердого палива для спорудження земляного полотна і влаштування дорожніх основ і покриттів автомобільних доріг» регламентує застосування в дорожньому будівництві зол і золошлакових сумішей, одержуваних від спалювання в котлоагрегатах теплових електростанцій (ТЕС) твердого палива різного виду (бурого і кам'яного вугілля, торфу, горючих сланців) [24].

При будівництві автомобільних доріг золи виносу сухого відбору використовували в якості активної гідравлічної добавки спільно з цементом або вапном, а також як самостійне повільнотвердіюче в'язуче для влаштування дорожніх основ і покриттів з укріплених ґрунтів і відходів, одержуваних при дробленні кам'яних матеріалів.

Золошлакові суміші застосовують у якості матеріалу для спорудження насипів земляного полотна або малоактивної гідравлічної добавки, в поєднанні з цементом при укріпленні ґрунтів на дорогах III-IV категорій. Критерієм придатності золошлакової суміші для зведення земляного

полотна вважають їх морозостійкість, яка характеризується величиною відносного морозного здирання.

ГОСТ 25818-83 «Золи-виносу теплових електростанцій і бетонів» передбачав застосування зол-виносу сухого відбору як компонента для приготування важких, легких, пористих бетонів і будівельних розчинів [20]. Крім того, вони використовуються в якості тонкомолотої добавки для жаростійких бетонів і мінеральних в'язучих. Золи поділяються на кислі (до 10% оксиду кальцію) й основні (більше 10%). При цьому нормувалися: вміст оксиду кальцію, оксиду магнію, сірчистих; сірчаноокислих з'єднань в перерахунку на  $SO_3$ , лужних оксидів в перерахунку на  $Na_2O$ ; втрата маси при прожарюванні; питома поверхня; залишок на ситі № 008; вологість золи – не більше 1% за масою; величина сумарної питомої активності природних радіонуклідів.

ГОСТ 25592-83 «Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів» поширювався на золошлакові суміші гідровидалення, що застосовуються в якості компонента при приготуванні будівельних розчинів, а також важких, легких і пористих бетонів для збірних і монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій і виробів [21]. Золошлакові суміші складаються з шлакового піску (розмір зерен від 0,315 до 5 мм) – і шлакового щебеню (розмір зерен крупніше 5 мм) з нормованими показниками якості: питома поверхня; втрата маси при прожарюванні; вміст оксидів кальцію і магнію, сірчистих і сірчаноокислих сполук у перерахунку на  $SO_3$ , лужних оксидів в перерахунку на  $Na_2O$ ; вологість – не вище 15% за масою; величина сумарної питомої активності природних радіонуклідів. Щебінь із золошлакової суміші повинен бути стійким проти силікатного і залізного розпаді, відповідати вимогам по морозостійкості.

ГОСТ 26633-85 «Бетон важкий. Технічні умови» (йому на заміну ГОСТ 26633- 91) встановлював вимоги до бетону та бетонної суміші для дорожніх і аеродромних покриттів, мостових конструкцій та виробів [22].

Цей стандарт для бетону дорожніх і аеродромних покриттів, залізобетонних напірних і безнапірних труб, залізобетонних шпал, мостових конструкцій, стояків опор однозначно вимагав застосовуватися портландцемент на основі клінкеру з нормованим мінералогічним складом по ГОСТ 10178-85. Допускалося для бетону дорожніх основ застосування й шлакопортландцементу.

Для бетонів з маркою за морозостійкістю F200 і вище необхідно було використовувати портландцемент видів ПЦ-Д0, ПЦ-Д5 і ПЦ-Д20 за ГОСТ 10178-85. Застосування шлакопортландцементу і пуццоланового портландцементу для таких бетонів не допускалося.

Для зниження витрати цементу і заповнювачів при приготуванні бетонів дозволялося використовувати золи-винесення, шлаки та золошлакові суміші ТЕС, що відповідають вимогам ГОСТ 25818-83 і ГОСТ 25592-83.

У якості заповнювача допускалося застосування щебеню з доменного шлаку за ГОСТ 5578-76, щебеню і піску з шлаків теплових електростанцій, піску з відсівів дроблення гірських порід, а також дробленого бетону з некондиційних бетонних і залізобетонних виробів.

Проте, у змінах та доповненнях до міждержавного стандарту ГОСТ 26633-91 від 2005 року були введені додаткові вимоги до заповнювачів бетонних дорожніх та аеродромних покриттів і основ, якими дозволяється застосовувати лише щебінь з вивержених, метаморфічних і осадових порід та з гравію [23].

Таким чином, по рівню та кількості стандартів та норм, у 80-х роках минулого століття відбувалася значна активізація технічних досліджень і практичного використання цих матеріалів, що було пов'язано зі створенням і розвитком мережі автомобільних доріг у Західному Сибіру, Нечорноземній зоні бувшого СРСР, де ресурси традиційних дорожньо-будівельних матеріалів (високоміцного щебеню, піску, цементу) обмежені.

У 90-х роках ХХ століття і на початку 2000-х застосування шлакових матеріалів та зол-виносу ТЕС в дорожньому будівництві України регламентувалося ще радянськими нормами й правилами. Прикладом масового застосування доменних шлаків був відомий проект реконструкції автодороги М-05 Київ – Одеса на ділянці від Жашкова до Червонознам'янки. Тільки у другій половині 2000-х розпочали перегляд нормативної бази.

Нижче наводиться аналіз нормативних документів, у яких йдеться про використання відходів промисловості в сучасному дорожньому будівництві України.

Стосовно спорудження земляного полотна із відходів промисловості. Є чинним ще досі ВСН 185-75 щодо використання зол-виносу і золошлакових сумішей від спалювання різних видів твердого палива для спорудження земляного полотна. ДБН В.2.3-4 «Автомобільні дороги» видання 2007 та

2015 років дозволяє без обмежень споруджувати насипи із відходів промисловості, які під дією погодно-кліматичних факторів мало змінюють свої фізико-механічні властивості (з врахуванням вимог чинного законодавства стосовно поводження з відходами) [14].

ГБН В.2.3-37641918-554:2013 «Автомобільні дороги. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування та будівництво», що прийшов на зміну ВБН В.2.3-218-002-95 [15], встановлює вимоги до застосування укріплених цементом зол-виносу теплових електростанцій, сумішей золошлакових теплових електростанцій, дисперсних металургійних шлаків, гранульованих доменних шлаків, пісків з відпрацьованих формувальних сумішей ливарного виробництва в шарах основи дорожнього одягу. Для цих матеріалів нормується міцність на стиск водонасичених зразків, міцність на розтяг при згині, коефіцієнт морозостійкості та конструктивні товщини шарів з таких матеріалів.

ДСТУ Б.В.2.7-149:2008 «Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для автомобільних доріг» скасовує ГОСТ 3344-83 й встановлює вимоги до щебеню та щебенево-піщаних сумішей із шлаків металургійних (доменні, сталеплавильні та шлаки кольорової металургії), які призначені для влаштування та ремонту шарів дорожнього одягу й для укріплення узбіч на автомобільних дорогах загального користування в усіх дорожньо-кліматичних зонах України [3]. В ньому нормуються основні показники якості: зерновий склад (фракції або суміші фракцій); вміст пиловидних та глинистих часток, у тому числі глини у грудках; вміст слабких зерен; наявність домішок металу та сторонніх засмічувальних домішок; марка щебеню (за дробильністю та стиранністю); морозостійкість; активність та стійкість структури проти розпаду; величина ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів у шлаку.

Стандарт дозволяє застосовувати щебенево-піщані суміші із шлаків. Вони використовуються для влаштування шарів дорожнього одягу із сумішей щільного зернового складу, шарів дорожнього одягу способом заклинювання без застосування в'язучих матеріалів, виготовлення органо-мінеральних сумішей. Порівнюючи показники якості та значення вимог можна зробити висновок, що діючий ДСТУ Б.В.2.7-149:2008 практично не відрізняється від ГОСТ 3344-83.

У 2000-х прийшов час ремонтувати та підсилувати збудовані під старі навантаження дороги. Є два напрямки вирішення такої задачі, що дозволяють або швидко відремонтувати покриття існуючих автомобільних доріг, або будувати шари дорожнього одягу зі збільшеними характеристиками міцності та більшою довговічністю. Прикладом першого напрямку можуть служити різні модифікації технологій регенерації і ресайклінгу, коли за один прохід переробляють верхній шар зруйнованого покриття з додаванням малої кількості нових дорожньо-будівельних матеріалів. Другий напрям ширше: він включає застосування таких матеріалів, як цементобетон, щебенево-мастиківий асфальтобетон (ЩМА) і багатьох інших також композитних матеріалів на основі асфальто- і цементобетону.

ВБН В.2.3-218-537:2008 «Влаштування шарів дорожнього одягу методом ресайклінгу з використанням гранульованих доменних шлаків» дозволяє застосовувати гранульований доменний шлак в якості самостійного в'язучого, а також як активну добавку до цементу та бітуму в органо-мінеральних сумішах для основ дорожніх одягів. Повторне використання дорожніх матеріалів та відходів промисловості – так можна охарактеризувати ці відомчі норми, в чому і є їх новизна [16].

ДСТУ Б В.2.7-119:2011 «Суміші асфальтобетонні й асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови» [4] прийнято на зміну ДСТУ Б В.2.7-119- 2003, який в свою чергу скасував радянський стандарт на асфальтобетони ГОСТ 9128-84.

У якості заповнювача для асфальтобетонів цим стандартом дозволяється застосовувати щебінь з металургійних шлаків найвищих марок за дробильністю та зносом у поличковому барабані, притаманним виверженим та метаморфічним гірським породам. Головною вимогою є стабільність хімічного складу та механічних характеристик, що потребує підвищеного контролю та додаткових витрат на переробку (сортування) відходів промисловості. В умовах панування популізму, комерційних інтересів і низької культури виробництва – це шлях до зниження якості і довговічності асфальтобетону, тобто назад.

У якості мінерального порошку молоті, виключно основні, металургійні шлаки допускається використовувати у складі асфальтобетонної суміші марки II. Переважна область використання таких асфальтобетонних сумішей у верхньому шарі покриття та основі при виконанні будівельних робіт на автомобільних дорогах та міських вулицях III та IV категорій.

На думку фахівців, які випробовують матеріали за методикою «Суперпейв», є досить спірним питанням у відношенні колієстійкості та водостійкості асфальтобетонів на мінеральному порошку із молотого шлаку.

Використання зол-виносу і золошлакових сумішей в якості мінеральних порошоків для асфальтобетонів новим вітчизняним стандартом не допускається. Це пояснюється зростанням навантаження на дороги та підвищенням вимог до асфальтов'язучого. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебеневомастикові. Технічні умови» з відходів промисловості допускає застосування лише щебеню з металургійних шлаків високих марок за дробильністю та стиранністю [5].

Технічні вказівки по використуванню зол-виносу і золошлакових сумішей від спалювання різних видів твердого палива для спорудження земляного полотна й влаштування дорожніх основ та покриттів автомобільних доріг [24] продовжує діяти не змінюючись, що свідчить про зниження практики застосування цих матеріалів і пояснюється відсутністю розвитку мережі в регіонах країни, де ці відходи промисловості поширені.

ДСТУ Б В.2.7-205:2009 «Будівельні матеріали. Золи-виносу теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови» [6] та ДСТУ Б В.2.7-211:2009 «Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови» хоч і введені в дію, проте мало чим відрізняються від заміненних ними ГОСТ 25818-91 та ГОСТ 25592-91.

ДСТУ Б В.2.7-211:2009 «Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови» поширюється на золошлакові суміші, які утворюються на теплових електростанціях при сумісному гідровидаленні золи і шлаку в процесі спалювання вугілля в пилоподібному стані і які застосовують як компонент для виготовлення будівельних розчинів, а також важких, легких та ніздрюватих бетонів для збірних і монолітних бетонних та залізобетонних конструкцій та виробів. Стандарт не поширюється на золошлакові суміші для бетонів гідротехнічних споруд, труб, шпал, опор ЛЕП та спеціальних видів бетонів, зокрема жорсткого дорожнього бетону. Шлаковий щебінь золошлакової суміші повинен мати стійкість проти силікатного і залізного розпадів. Втрата маси при визначенні стійкості проти силікатного і залізного розпадів повинна бути відповідно не більше 8 % і 5 % [7].

ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 «Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів» встановлює вимоги до матеріалів та технології влаштування шарів основи дорожнього одягу з активних та високоактивних доменних шлаків [8].

З появою на вітчизняному ринку обладнання для технології холодного ресайклінгу фактично з'явився спосіб влаштування органо-шлако-мінеральний матеріал на основі гранульованого активного або високоактивного доменного шлаку. Мінеральне в'язуче не містить високомарочного цементу, основний його компонент – гранульований доменний шлак. Але для пришвидшення його твердіння додається невелика кількість низькомарочного цементу. Характерно, що гранульований активний доменний шлак фракції 0-40 мм дозволяється додавати у найбільш поширені в будівництві марки такого матеріалу в середньому 10-30%, максимум – до 50% від маси матеріалу.

Стосовно цементу. Для бетону, що застосовується в дорожніх та аеродромних покриттях, необхідно використовувати лише портландцемент згідно з національними стандартами.

В шарах основи дозволяється застосовувати й шлакопортландцемент марок понад 300 [14], проте вміст молотого шлаку у складі цементу суттєво обмежується і складає до 30% його маси [9].

Властивості шлакопортландцементів залежать від якості шлаку і від його кількості. Зазвичай шлакопортландцемент характеризується уповільненим твердінням і зниженою морозостійкістю в порівнянні з портландцементом. Для дорожнього будівництва придатні тільки шлакопортландцементи підвищеної якості. Такі цементи можуть бути отримані при більш тонкому помелі шлаку і при певному хімічному складі останнього. В умовах панування комерційних інтересів, подрібнок цементу й низької культури виробництва дотримання цих вимог є проблематичним. Тому на даному етапі застосування шлакопортландцементів в дорожньому будівництві – це шлях до зниження якості і довговічності матеріалів на основі шлакопортландцементу.

ДСТУ Б В.2.7-43-96 «Бетони важкі. Технічні умови» встановлює вимоги до технологічних процесів та складових важкого бетону, одним з яких може бути щебінь із золошлакової суміші, що утворилася від спалювання вугілля на теплових електростанціях у топках котлів з рідким і твердим шлаковидаленням [10]. Тобто, цим стандартом не дозволяється використання металургійних шлаків у

складі дорожнього (важкого) бетону. Норми зобов'язують використовувати щебінь з щільних гірських порід. А застосування золошлакового щебеню і піску є обмеженим – у складі важких бетонів для виготовлення збірних і монолітних бетонних конструкцій та виробів та за умови дотримання високих вимог по стійкості проти силікатного і залізного розпаду відповідно до [7].

Пояснити ці обмеження можна тим, що бетонні дорожні покриття є будівельними конструкціями, які піддаються впливу низьких температур при сильному зволоженні, а також впливу протижеледних солей. У зв'язку з цим необхідне використання крупного заповнювача з підвищеною стійкістю до впливу повторного заморожування – відтавання і солей хлоридів.

Таким чином, ДСТУ Б В.2.7-43-96, як і ГОСТ 26633, для будівництва бетонних дорожніх та аеродромних покриттів і основ дозволяє застосовувати лише щебінь з вивержених, метаморфічних і осадових порід та з гравію.

ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 «Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу» для приготування бетонних сумішей як крупний заповнювач дозволяє використовувати щебінь з шлаків згідно з ДСТУ Б В.2.7-39 [11].

Хоча цей стандарт-настанова поширюється на влаштування шарів жорсткого дорожнього одягу з використанням бетонних сумішей, що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-96, який у свою чергу використання шлакового щебеню не дозволяє.

Також спірними на думку багатьох опитаних фахівців є норми наведені й стосовно використання портландцементу з вмістом шлаку 20-35% для приготування бетонних сумішей для шарів покриття та основи. Так, наприклад, норми Білорусі обмежують цей показник 15% [17].

ДСТУ Б EN 12620:2013 «Заповнювачі для бетону (EN 12620:2002+A1:2008, IDT)» дозволяє застосування шлакового заповнювача у складі бетону, при цьому жорстко регламентується вміст компонентів, що впливають на рівномірність зміни об'єму доменних шлаків, не допускають наявності силікатного та залізного розпаду [12], чому також надають особливого значення діючі вітчизняні норми лише на шлаковий щебінь із золошлакової суміші [7].

#### *Отримані результати дослідження.*

Таким чином, у спадок від Радянського Союзу Україні дісталися будівельні нормативи на використання відходів промисловості, введені в дію до 1990 року. Після отримання незалежності, український уряд виділив кошти для переробки окремих, найбільш важливих для дорожнього будівництва радянських нормативів і їх переклад на українську мову. Переробка нормативів обмежилася включенням в норми доповнень, що стосуються нових сфер і способів застосування відходів промисловості у дорожньому будівництві (регенерація з додаванням штучних матеріалів – відходів промисловості, шлакоорганомінеральні матеріали тощо). Незважаючи на те, що перегляд радянських будівельних норм був поверхневим, це все ж таки пом'якшило проблему з забезпеченістю дорожньої галузі нормативною базою і дійсно не створює нормативних перешкод застосуванню відходів промисловості у дорожньому будівництві.

У даний час, в національному реєстрі будстандартів зареєстровано три категорії документів, схвалених для застосування в проектуванні, будівництві й ремонті доріг:

- 1) Переглянуті радянські відомчі будівельні норми й правила щодо спорудження земполотна із зол та золошлаків;
- 2) Державні та галузеві норми й стандарти, розроблені за часів незалежності на основі радянських будівельних норм і правил;
- 3) Будівельні стандарти, які були розроблені шляхом адаптації Євростандарту EN 206-1, що охоплює наступну тематику:
  - виробництво й контролювання якості бетонних сумішей, бетонів, виробів і конструкцій;
  - заповнювачів та наповнювачів (природних матеріалів, продуктів промислової переробки або матеріалів, що використовуються повторно, та їх сумішей), які застосовуються для усіх видів бетону, бетон для дорожнього будівництва та влаштування інших покриттів, а також при виготовленні бетонних та залізобетонних збірних виробів.

Дійсно, діюча база стандартів не створює нормативних перешкод застосуванню відходів промисловості у дорожньому будівництві. Активно вона змінюється останні два десятиліття. В її основу покладено напрацювання 70-80- х років ХХ століття, що пояснюється значними обсягами дорожньо-будівельних робіт, статистичних даних та досліджень того періоду.

Новизна нормативів полягає не так у нових показниках якості або вимогах до них, як у розширенні нових сфер і способів застосування відходів промисловості у дорожньому будівництві.

Головні напрямками застосування металургійних шлаків, зол-виносу та золошлаків теплових електростанцій у дорожнього будівництва практично не змінилися за п'ятдесят років.

Майже залишилася без змін нормативна база щодо застосування золи і золошлакових сумішей для спорудження земляного полотна. У зв'язку з дефіцитом мінеральних ґрунтів ще актуальнішою стає задача розробки та сприяння впровадженню досить надійних і економічних конструкцій автодорожніх насипів при новому будівництві з застосуванням місцевих матеріалів – відходів промисловості, зокрема зол-виносу ТЕС та золошлаків.

Оновлено стандарти в питанні використання шлакового щебеню, піску та готових щебенево-піщаних сумішей із відвальних шлаків чорної й кольорової металургії для влаштування основ.

Завдяки новим нормам з'явилася можливість застосування доменного шлаку та золи сухого вловлювання в якості самостійного в'язучого. Як активну добавку до цементу та бітуму в зв'язних шарах із органо-мінеральних сумішей його регламентовано застосовувати для відновлення шарів основи автомобільних доріг, зокрема з використанням технології холодного ресайклінгу.

У якості заповнювача для асфальтобетонів сьогоднішніми нормами дозволяється застосовувати щебін з металургійних шлаків найвищих марок за дробильністю та зносом у поличковому барабані, притаманних виверженим та метаморфічним гірським породам. Головною вимогою є стабільність хімічного складу та механічних характеристик, що потребує підвищеного контролю та додаткових витрат на переробку (сортування) відходів промисловості.

У якості мінерального порошку молоті виключно основні металургійні шлаки допускається використовувати у складі асфальтобетонної суміші марки П. Переважна область застосування таких асфальтобетонних сумішей у верхньому шарі покриття та основі при виконанні будівельних робіт на автомобільних дорогах та міських вулицях III та IV категорій. А от золу-виносу і золошлакові суміші взагалі заборонено використовувати для цих цілей, що пояснюється зростанням навантаження на дороги та підвищенням вимог до асфальтов'язучого.

Нормативна база щодо застосування жорсткого дорожнього цементобетону не дозволяє використання металургійних шлаків в якості заповнювача. У складі важких бетонів, призначених для виготовлення збірних і монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій та виробів, застосування золошлакового щебеню і піску дозволяється, але обмежено.

#### *Висновки.*

За останні двадцять років на автомобільних дорогах України збільшилася кількість великовантажних автомобілів й інтенсивність руху, внаслідок чого зросли вимоги до якості матеріалів та технологій будівництва доріг. У відповідь на такий виклик показники якості будівельних матеріалів розвиваються не стільки у напрямку їх асортименту чи підвищення вимог, скільки у напрямку нормування однорідності, тобто забезпечення сталих властивостей. Перш за все це стосується матеріалів дорожнього покриття, а саме асфальто- та цементобетонів.

Таким вимогам найбільше відповідають матеріали, що виготовляються із однорідної сировини, програмуючи сталі властивості кінцевого продукту. Відходи промисловості не є такою сировиною. Вони характеризуються нестабільними властивостями. Через це, як свідчать норми, матеріали мають численні вимоги до показників фізико-механічних і хімічних якостей. Відтак, переважна сфера їх застосування – в земляному полотні й основах дорожнього одягу автомобільних доріг і аеродромів.

Промислові відходи є місцевими матеріалами в сенсі дальності транспортування. Не слід забувати, що перевезення в 1970-1980-х здійснювалося не тільки автотранспортом, а й залізницею, так званім попутним вантажем, коли на виробництво везли сировину, а звідти відходи – штучні заповнювачі. За рахунок цього знижувалася вартість доставки, що давало економічні переваги в його використанні. До того ж, шлаки, наприклад, були копійчаними за ціною. У ті часи на них бізнес не робили, а реально намагалися звільнитися від відходів. Таким чином, вартість в поєднанні з масовістю і доступністю транспортування, безумовно, робили їх поза конкуренцією серед сипучих інертних матеріалів для дорожнього будівництва. У порівнянні з минулим, зараз кардинально протилежна ситуація як в частині відпускнуої вартості, так і в частині логістики.

У порівнянні з природними наповнювачами шлакоматеріали відрізняються за вартістю всього на відсотки, а не на порядки, як було в минулому. Транспортуються вони переважно автотранспортом, тобто на 80-100 км від промислового виробництва, що в 5-6 разів збільшує їх вартість на об'єкті порівняно з вартістю природних кам'яних матеріалів. Якщо додати доставку



великовантажними машинами й так розбитою мережею місцевих доріг промислових регіонів, отримаємо «від'ємну економіку» з точки зору руйнування інфраструктури країни й регіонів.

Потрібно враховувати, що масовість доставки і зниження транспортної складової вкрай важлива, коли розглядається варіант спорудження дорожніх насипів і основ з відходів промисловості. Вирішувати цю проблему необхідно за рахунок перевезень залізничним і річковим транспортом, що сьогодні різко обмежує можливості використання відходів промисловості через незадовільний стан складових цих видів транспорту.

Характерно, що сучасні умови відрізняються від часів радянського минулого масового застосування відходів промисловості в дорожньому будівництві логістичною складовою і цілями: якщо тоді це реально була утилізація відходів з точки зору відпускної ціни, то зараз це бізнес, комерція. Тому і вирішується ця проблема виключно на основі техніко-економічного порівняння можливих варіантів конструкцій та матеріалів, в яких промислові відходи часто «програють».

Навіть за умови позитивного ефекту, досягнутого реформуванням системи технічного регулювання в дорожній галузі України, слід зазначити, що поширення використання відходів промисловості відбувається при повній відсутності механізмів стимулювання залізничного й річкового транспорту та неадекватній відпускній ціні, що не створює необхідні й достатні умови їх масового застосування. Отже, комплексний механізм реалізації намірів уряду щодо широкого застосування відходів промисловості у дорожньому будівництві країни обмежений. Тому необхідна розробка низки заходів організаційного, наукового та практичного спрямування для успішної реалізації даної ініціативи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кабінет Міністрів України. Про застосування відходів виробництва в дорожньому будівництві / Розпорядження КМУ від 04.12.2019 №1420-р – 2019. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npras/pro-zastosuvannya-vidhodivvirobnic-a1420r>.
2. Міністерство інфраструктури України. Металургійні шлаки та інші відходи виробництва використовуватимуться у дорожніх роботах /Владислав Криклій – 2019. URL: <https://mtu.gov.ua/news/31364.html>.
3. ДСТУ Б.В.2.7-149:2008 Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для автомобільних доріг. Вид. офіц. – К : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009.
4. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. Вид. офіц. – К : Мінрегіонбуд, 2011.
5. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебеневомастикові. Технічні умови. Вид. офіц. – К : ДП «ДерждорНДІ», 2015. 1
6. ДСТУ Б В.2.7-205:2009 Будівельні матеріали. Золи-виносу теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови. Вид. офіц. – К : Мінрегіонбуд, 2009.
7. ДСТУ Б В.2.7-211:2009 Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови. Вид. офіц. – К : Мінрегіонбуду України, 2010.
8. ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів. Вид. офіц. – К : ДП "УкрНДНЦ", 2016.
9. ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу. Вид. офіц. – К : ДП "УкрНДНЦ", 2017.
10. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Бетони важкі. Технічні умови. Вид. офіц. – К : Держкоммістобудування України, 1997.
11. ДСТУ Б В.2.7-39-95 Щебінь і пісок із шлаків чорної та кольорової металургії для бетонів. Технічні умови (ГОСТ 5578-94). Вид. офіц. – К : Науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут бетону та залізобетону, 1997.
12. ДСТУ Б EN 12620:2013 Заповнювачі для бетону (EN 12620:2002+A1:2008, IDT). Вид. офіц. – К : Мінрегіонбуд України, 2014.
13. ДСТУ Б В.2.7-205:2009 Будівельні матеріали. Золи-виносу теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови. Вид. офіц. – К : Будстандарт, 2009.
14. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Вид. офіц. – К : Мінрегіонбуд, 2015.
15. ВБН В.2.3-218-002-95 Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом. Вид. офіц. – К : Укравтодор, 1995.

16. ВБН В.2.3-218-537:2008 Влаштування шарів дорожнього одягу методом ресайклінгу з використанням гранульованих доменних шлаків. Вид. офіц. – К : Укравтодор, 2008.
17. СТБ EN 197-1-2015 Цемент. Часть 1. Состав, технические требования и критерии соответствия общестроительных цементов. Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2015.
18. ГОСТ 3344-73 Щебінь і пісок шлакові для дорожнього будівництва. Технічні умови. Москва : Издательство стандартов, 1974.
19. ГОСТ 9128-84 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Москва : Издательство стандартов, 1986.
20. ГОСТ 25818-83 Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. Москва : Издательство стандартов, 1983.
21. ГОСТ 25592-83 Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. Москва : Издательство стандартов, 1983.
22. ГОСТ 26633-85 Бетон тяжелый. Технические условия. Москва : Издательство стандартов, 1986.
23. ГОСТ 26633-91 Бетони важкі і дрібнозернисті. Технічні умови/ Міждержавний стандарт зі змінами та доповненнями. Москва : Издательство стандартов, 1992.
24. ВСН 185-75 Технические указания по использованию зол уноса и золошлаковых смесей от сжигания различных видов топлива для сооружения земляного полотна и устройства дорожных оснований и покрытий автомобильных дорог. М : Минтрансстрой, 1976.
25. Путилин Е.И., Цветков В.С. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС. Москва : Государственный научно-исследовательский институт ФГУП "СОЮЗДОРНИИ", 2003.
26. Иванов И.А. Легкие бетоны с применением зол электростанций/2-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1986. – 136 с.
27. Укравтодор. Уряд схвалив можливість використання відходів виробництва у дорожньому будівництві – шлаки будуть використовуватися для спорудження насипів та замінять собою щебінь / Новини – 2019. URL: [https://ukravtodor.gov.ua/press/news/uriad\\_skhvalyv\\_mozhlyvist\\_vykorystannia\\_vidkhodiv\\_vyrobnytstva\\_u\\_dorozhnomu\\_budivnytstvi\\_shlaky\\_budut\\_vykorystovuvatysia\\_dlia\\_sporu\\_dzhennia\\_nasypiv\\_ta\\_zaminiat\\_soboju\\_shchebin](https://ukravtodor.gov.ua/press/news/uriad_skhvalyv_mozhlyvist_vykorystannia_vidkhodiv_vyrobnytstva_u_dorozhnomu_budivnytstvi_shlaky_budut_vykorystovuvatysia_dlia_sporu_dzhennia_nasypiv_ta_zaminiat_soboju_shchebin).

#### REFERENCE

1. Kabinet Ministriv Ukrainy. Pro zastosuvannya vidkhodiv vyrobnytstva v dorozhnomu budivnytvi / Rozporjadzhennja KМУ vid 04.12.2019 #1420-r – 2019. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zastosuvannya-vidkhodivvirobnic-a1420r>.
2. Ministerstvo infrastruktury Ukrainy. Metalurghijni shlaky ta inshi vidkhody vyrobnytstva vykorystovuvatymutysja u dorozhnikh robotakh /Vladyslav Kryklij – 2019. URL: <https://mtu.gov.ua/news/31364.html>.
3. DSTU B.V.2.7-149:2008 Shhebinj i shhebenevo-pishhani sumishi iz shlakiv metalurghijnykh dlja avtomobilnykh dorozh. Vyd. ofic. – К : Ministerstvo regionalnogho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy, 2009.
4. DSTU B V.2.7-119:2011 Sumishi asfaljtobetonni i asfaljtobeton dorozhnij ta aerodromnyj. Tekhnichni umovy. Vyd. ofic. – К : Minregionbud, 2011.
5. DSTU B V.2.7-127:2015 Sumishi asfaljtobetonni i asfaljtobeton shhebenevomastykovi. Tekhnichni umovy. Vyd. ofic. – К : DP «DerzhdorNDI», 2015. 1
6. DSTU B V.2.7-205:2009 Budiveljni materialy. Zoly-vynosu teplovykh elektrostancij dlja betoniv. Tekhnichni umovy. Vyd. ofic. – К : Minregionbud, 2009.
7. DSTU B V.2.7-211:2009 Budiveljni materialy. Sumishi zoloshlakovi teplovykh elektrostancij dlja betoniv. Tekhnichni umovy. Vyd. ofic. – К : Minregionbud Ukrainy, 2010.
8. DSTU-N B V.2.3-39:2016 Nastanova z vlashtuvannja shariv dorozhnjogho odjaghu z kam`janykh materialiv. Vyd. ofic. – К : DP "UkrNDNC", 2016.
9. DSTU-N B V.2.3-36:2016 Nastanova z vlashtuvannja zhorstkogho dorozhnjogho odjaghu. Vyd. ofic. – К : DP "UkrNDNC", 2017.

10. DSTU B V.2.7-43-96 Betony vazhki. Tekhnichni umovy. Vyd. ofic. – K : Derzhkommistobuduvannja Ukrainy, 1997.
11. DSTU B V.2.7-39-95 Shhebinj i pisok iz shlakiv chornoji ta koljorovoji metalurghiji dlja betoniv. Tekhnichni umovy (GhOST 5578-94). Vyd. ofic. – K : Naukovo-doslidnyj, proektno-konstruktors'kij ta tekhnologichnij instytut betonu ta zalizobetonu, 1997.
12. DSTU B EN 12620:2013 Zapovnjuvachi dlja betonu (EN 12620:2002+A1:2008, IDT). Vyd. ofic. – K : Minreghionbud Ukrainy, 2014.
13. DSTU B V.2.7-205:2009 Budiveljni materialy. Zoly-vynosu teplovykh elektrostancij dlja betoniv. Tekhnichni umovy. Vyd. ofic. – K: Budstandart, 2009.
14. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobiljni doroghy. Vyd. ofic. – K : Minreghionbud, 2015.
15. VBN V.2.3-218-002-95 Proektuvannja i budivnytvo osnov ta pokryttiv avtomobilnykh dorogh iz kam'janykh materialiv, promyslovykh vidkhodiv i ghruntiv, ukriplenykh cementom. Vyd. ofic. – K : Ukravtodor, 1995.
16. VBN V.2.3-218-537:2008 Vlashtuvannja shariv dorozhnjogho odjaghu metodom resajklinghu z vykorystannjam ghranuljovanykh domennykh shlakiv. Vyd. ofic. – K : Ukravtodor, 2008.
17. STB EN 197-1-2015 Cement. Chastj 1. Sostav, tekhnicheskye trebovanja y krytery sootvetstvyja obshhestvoitelnykh cementov. Mynsk : Ghosudarstvennyj komytet po standartyzacyu Respublyky Belarusj, 2015.
18. HOST 3344-73 Shhebinj i pisok shlakovi dlja dorozhnjogho budivnytva. Tekhnichni umovy. Moskva : Yzdateljstvo standartov, 1974.
19. HOST 9128-84 Smesy asfaljtobetonnye dorozhnye, aerodromnye y asfaljtobeton. Tekhnicheskye uslovyja. Moskva : Yzdateljstvo standartov, 1986.
20. HOST 25818-83 Zoly-unosa teplovykh elektrostancij dlja betonov. Tekhnicheskye uslovyja. Moskva : Yzdateljstvo standartov, 1983.
21. HOST 25592-83 Smesy zoloshlakovye teplovykh elektrostancij dlja betonov. Tekhnicheskye uslovyja. Moskva : Yzdateljstvo standartov, 1983.
22. HOST 26633-85 Beton tjazhelyj. Tekhnicheskye uslovyja. Moskva : Yzdateljstvo standartov, 1986.
23. HOST 26633-91 Betony vazhki i dribnozernosti. Tekhnichni umovy/ Mizhderzhavnyj standart zi zminamy ta dopovnennjamy. Moskva : Yzdateljstvo standartov, 1992.
24. VSN 185-75 Tekhnicheskye ukazanja po yspoljzovaniju zol unosa y zoloshlakovykh smesej ot szhyghanja razlychnykh vydov toplyva dlja sooruzhenija zemljanogho polotna y ustrojstva dorozhnykh osnovanyj y pokrytyj avtomobilnykh dorogh. M : Myntransstroj, 1976.
25. Putylyn E.Y., Cvetkov V.S. Prymenenye zol unosa y zoloshlakovykh smesej pry stroyteljstve avtomobilnykh dorogh. Obzornaja ynformacyja otechestvennogho y zarubezhnogho opyta prymenenija otkhodov ot szhyghanja tverdogho toplyva na TЭС. Moskva : Ghosudarstvennyj nauchno-ysledovatel'skij ynstitut FGhUP "SOJuZDORNYY", 2003.
26. Yvanov Y.A. Leghkye betony s prymeneniyem zol elektrostancij/2-e yzd.. pererab. y dop. M. : Strojzdat, 1986. – 136 s.
27. Ukravtodor. Urjad skhvalyv mozhlyvistj vykorystannja vidkhodiv vyrobnytva u dorozhnjomu budivnytvi – shlaky budutj vykorystovuvatysja dlja sporudzhenija nasypiv ta zaminjatj soboju shhebinj / Novyny – 2019. URL: [https://ukravtodor.gov.ua/press/news/uriad\\_skhvalyv\\_mozhlyvist\\_vykorystannia\\_vidkhodiv\\_vyrobnytstva\\_u\\_dorozhnomu\\_budivnytstvi\\_shlaky\\_budut\\_vykorystovuvatysia\\_dlia\\_sporu\\_dzhennia\\_nasypiv\\_ta\\_zaminjat\\_soboju\\_shhebinj](https://ukravtodor.gov.ua/press/news/uriad_skhvalyv_mozhlyvist_vykorystannia_vidkhodiv_vyrobnytstva_u_dorozhnomu_budivnytstvi_shlaky_budut_vykorystovuvatysia_dlia_sporu_dzhennia_nasypiv_ta_zaminjat_soboju_shhebinj)

#### **РЕФЕРАТ**

Дмитрієв М.М. Використання відходів виробництва в дорожньому будівництві України / М.М. Дмитрієв, І.П. Гамеляк, О.Г. Островерхий, А.М. Дмитриченко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

У аналітичному огляді наведено аналіз вітчизняних стандартів якості дорожньо-будівельних матеріалів і конструктивів, що застосовуються з використанням відходів промисловості (металургійних шлаків, зол-виносу теплових електростанцій, золошлаків тощо). Відзначимо, що це питання не нове й окремі його аспекти вже висвітлювалися в спеціальних виданнях і в засобах масової інформації. Однак представлений узагальнений матеріал буде корисний не тільки фахівцям

дорожнього будівництва, а також і особам, які хотіли б знати, як і чому застосовуються відходи промисловості в дорожньому будівництві.

В огляді дані загальні поняття і описані принципи та особливості будівельних норм і правил, стандартів нагляду і контролю, які діяли й діють в Україні з часів масового будівництва доріг у 70-80-х роках минулого століття та зараз. На основі цього аналізу сформульовані висновки, які повинні бути прийняті до уваги при ініціюванні питання застосування відходів металургійної промисловості та енергетики в галузі дорожнього будівництва нашої держави. Матеріали, викладені в цьому огляді, призначені для службовців державних органів влади та фахівців промисловості й дорожньої галузі, включаючи розробників будівельних норм і стандартів, дослідників, вчених, проектувальників, будівельників, постачальників, викладачів і студентів навчальних закладів, які готують кадри для будівництва, зокрема автомобільних доріг та аеродромів.

Для збору, перевірки та аналізу інформації застосовувалися засоби якісного методу.

Збір і перевірка інформації проводилися згідно з потребами аналізу. Дослідження проводилися методом ітерацій. Для збору інформації, необхідної для проведення аналізу, використовувалися дві категорії інформаційних ресурсів: людські й документальні.

Перевірка адекватності, цілісності, достовірності, обґрунтованості і застосовності інформації досягалася шляхом порівняння інформації, отриманої альтернативними засобами, а також з використанням дедуктивного та послідовного методів аналізу. В якості основного джерела інформації використовувалася база нормативно-технічних документів та людські носії інформації.

Людські ресурси включали вторинні джерела інформації в особі фахівців консультантів та першоджерела в особі респондентів – фахівців недержавних організацій і підприємств дорожньої галузі України.

Отримання інформації від респондентів здійснювалося шляхом проведення усних опитувань і бесід. З метою забезпечення об'єктивності і повноти отриманої інформації застосовувалася техніка неформалізованого, неструктурованого опитування з подальшою перевіркою отриманої від респондента інформації шляхом її порівняння з документальною інформацією, отриманою з основних джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ШЛАКИ, ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА, ЗОЛОШЛАКОВІ СУМІШІ, МАТЕРІАЛИ, СТАНДАРТИ, НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ, ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО.

### **ABSTRACT**

Dmitriev M.M., Gameliak I.P., Ostroverkhyi O.G., Dmytrychenko A.M. Use of production waste in road construction of Ukraine. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

The analytical review provides an analysis of domestic quality standards for road construction materials and structures used with industrial waste (metallurgical slag, thermal plant fly-ashes, mixes of fly-ash, etc.). Note that this issue is not new and some aspects of it have already been covered in special publications and in the media. However, the presented generalized material will be useful not only for road construction specialists, but also for people who would like to know how and why industrial waste is used in road construction.

The review gives general concepts and describes the principles and features of building norms and regulations, standards of supervision and control that have operated and operate in Ukraine since the mass construction of roads in the 70-80s of last century and now. Based on this analysis, conclusions are formulated that should be taken into account when initiating the use of waste from the metallurgical industry and energy in the field of road construction of our country. The materials presented in this review are intended for government officials and industry and road professionals, including developers of building norms, researchers, scientists, designers, builders, suppliers, teachers and students of educational institutions who train personnel for construction, in particular roads and airfields.

Qualitative method tools were used to collect, verify and analyze information.

Information was collected and verified according to the needs of the analysis. The research was performed by the method of iterations. To collect the information needed for the analysis, two categories of information resources were used: human and documentary.

Verification of the adequacy, integrity, reliability, validity and applicability of information was achieved by comparing the information obtained by alternative means, as well as using deductive and

consistent methods of analysis. The base of normative and technical documents and human data carriers were used as the main source of information.

Human resources included secondary sources of information in the person of consultants' specialists and primary sources in the person of respondents – specialists of non-governmental organizations and enterprises of the road industry of Ukraine.

Obtaining information from respondents was carried out through oral interviews and interviews. In order to ensure the objectivity and completeness of the information obtained, the technique of informal, unstructured survey was used, followed by verification of the information received from the respondent by comparing it with documentary information obtained from the main sources.

The authors of the review express their deep gratitude to the persons who kindly provided the necessary information.

**KEYWORDS:** SLAG, PRODUCTION WASTE, MIXES OF FLY-ASH, MATERIALS, STANDARDS, NORMATIVE DOCUMENTS, ROAD CONSTRUCTION.

#### **РЕФЕРАТ**

Дмитриев Н.Н. Использование отходов производства в дорожном строительстве Украина / Н.Н. Дмитриев, И.П. Гамеляк, А.Г. Островерхий, А.Н. Дмитриченко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

В аналитическом обзоре приведен анализ отечественных стандартов качества дорожно-строительных материалов и конструктивов, применяемых с использованием отходов промышленности (металлургических шлаков, зол-уноса тепловых электростанций, золошлаков и т.д.). Отметим, что это вопрос не новый и отдельные его аспекты уже освещались в специальных изданиях и в средствах массовой информации. Однако представленный обобщенный материал будет полезен не только специалистам дорожного строительства, а также и лицам, которые хотели бы знать, как и почему применяются отходы промышленности в дорожном строительстве.

В обзоре даны общие понятия и описаны принципы и особенности строительных норм и правил, стандартов надзора и контроля, действовали и действуют в Украине со времен массового строительства дорог в 70-80-х годах прошлого века и сейчас. На основе этого анализа сформулированы выводы, которые должны быть приняты во внимание при инициировании вопроса применения отходов металлургической промышленности и энергетики в области дорожного строительства нашего государства. Материалы, изложенные в этом обзоре, предназначенные для служащих государственных органов власти и специалистов промышленности и дорожной отрасли, включая разработчиков строительных норм и стандартов, исследователей, ученых, проектировщиков, строителей, поставщиков, преподавателей и студентов учебных заведений, которые готовят кадры для строительства, в частности автомобильных дорог и аэродромов.

Для сбора, проверки и анализа информации применялись средства качественного метода.

Сбор и проверка информации проводились в соответствии с потребностями анализа. Исследования проводились методом итераций. Для сбора информации, необходимой для проведения анализа, использовались две категории информационных ресурсов: человеческие и документальные.

Проверка адекватности, целостности, достоверности, обоснованности и применимости информации достигалась путем сравнения информации, полученной альтернативными средствами, а также с использованием дедуктивного и последовательного методов анализа. В качестве основного источника информации использовалась база нормативно-технических документов и человеческие носители информации.

Человеческие ресурсы включали вторичные источники информации в лице специалистов консультантов и первоисточники в лице респондентов - специалистов негосударственных организаций и предприятий дорожной отрасли Украины.

Получение информации от респондентов осуществлялось путем проведения устных опросов и бесед. С целью обеспечения объективности и полноты получаемой информации применялась техника неформализованного, неструктурированного опроса с последующей проверкой полученной от респондента информации путем ее сравнения с документальной информацией, полученной из основных источников.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ШЛАКИ, ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА, ЗОЛОШЛАКОВЫЕ СМЕСИ, МАТЕРИАЛЫ, СТАНДАРТЫ, НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО.

**АВТОРИ:**

Дмитрієв Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри аеропорти, Національний транспортний університет, e-mail: dntu.dnn@ukr.net, тел. (+38044) 280-70-73, orcid.org/0000-0003-0443-5469.

Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аеропорти, Національний транспортний університет, e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124 orcid.org/0000-0001-9246-7561.

Островерхий Олег Григорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри аеропорти, Національний транспортний університет, e-mail: oostroverkhiy@gmail.com, +380974848976, orcid.org/0000-0003-2182-2209.

Дмитриченко Андрій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного права та логістики, Національний транспортний університет, e-mail: andrew\_d@ukr.net, +380502816006, orcid.org/0000-0001-6144-7533.

**AUTHORS:**

Dmitriev Mykola Mykolayovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, professor at the Department of «Airports», National Transport University, e-mail: dntu.dnn@ukr.net, tel. (+38044) 280-70-73, orcid.org/0000-0003-0443-5469.

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

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

Dmytrychenko Andij Mykolayovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, associate professor of department transport law and logistic, National Transport University, e-mail: andrew\_d@ukr.net, +380502816006, orcid.org/0000-0001-6144-7533.

**АВТОРЫ:**

Дмитриев Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры аэропорты, Национальный транспортный университет, e-mail: dntu.dnn@ukr.net, тел. (+38044) 280-70-73, orcid.org/0000-0003-0443-5469.

Гамеляк Игорь Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой аэропорты, Национальный транспортный университет, e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124 orcid.org/0000-0001-9246-7561.

Островерхий Олег Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры аэропорты, Национальный транспортный университет, e-mail: oostroverkhiy@gmail.com, +380974848976, orcid.org/0000-0003-2182-2209.

Дмитриченко Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортного права и логистики, Национальный транспортный университет, e-mail: andrew\_d@ukr.net, +380502816006, orcid.org/0000-0001-6144-7533.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Мозговий В.В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Національного транспортного університету.

Оксень Є.І., доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділення досліджень технічного стану будівель та споруд при небезпечних геологічних процесах ДП НДІБК.

**REVIEWER:**

Mozgoviy V.V., Dr. Tech. Sciences, Professor, Head of the Department of Road Building Materials and Chemistry of the National Transport University.

Oxen Y.I., dr. Sciences, Prof., Leading researcher of the department of researches of technical condition of buildings and constructions at dangerous geological processes of DP NDIBK.