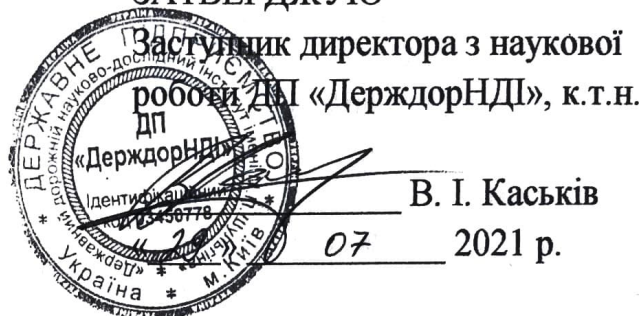


**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)**

Державне підприємство
«Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна»
(ДП «ДерждорНД»)

03113, м. Київ, просп. Перемоги, буд. 57; тел. (044) 456-34-15; імейл: dornauka@dorndi.org.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ



З В І Т

ПРО НАДАННЯ ПОСЛУГ
за договором від 22.04.2021 № 379-21

**ДОСЛІДЖЕННЯ ШЕБЕНЮ ІЗ ШЛАКІВ ФЕРОНІКЕЛЕВОГО
ВИРОБНИЦТВА ЗГІДНО З ТУ У 27.1-31076956-005:2017
ФРАКЦІЇ 0 – 20 ММ, 10 – 40 ММ, 20 – 40 ММ ТА 40 – 70 ММ З МЕТОЮ
ВСТАНОВЛЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПІД ЧАС
БУДІВНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Начальник Центру дорожніх матеріалів
та технологій, к.т.н.

С. І. Ілляш

Завідувач відділу бітумних в'язучих
та асфальтобетонів Центру дорожніх
матеріалів та технологій

І. В. Копинець

2021

Рукопис закінчено 29 07 2021 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Начальник Центру дорожніх матеріалів та технологій,
к.т.н.



С. І. Ілляш
(загальне керівництво,
редагування звіту)

Керівник,
завідувач відділу бітумних в'язучих та асфальтобетонів
Центру дорожніх матеріалів та технологій



І. В. Копинець
(загальне наукове керівництво,
участь у експериментальних дослідженнях,
написання звіту)

Відповідальний виконавець,
завідувач лабораторії бітумних в'язучих відділу бітумних в'язучих та асфальтобетонів Центру дорожніх матеріалів та технологій



О. В. Соколов
(експериментальні дослідження)

Виконавці:

Молодший науковий співробітник лабораторії асфальтобетонів відділу бітумних в'язучих та асфальтобетонів Центру дорожніх матеріалів та технологій



А. Д. Желтобрюх
(експериментальні дослідження)

Молодший науковий співробітник відділу бітумних в'язучих та асфальтобетонів Центру дорожніх матеріалів та технологій



В. С. Головченко
(експериментальні дослідження)

Молодший науковий співробітник відділу бітумних в'язучих та асфальтобетонів Центру дорожніх матеріалів та технологій



О. Б. Соколова
(написання звіту)

РЕФЕРАТ

Звіт про надання послуг: 26 с., 7 табл., 20 джерел.

ВЛАСТИВОСТІ, ВІДХОДИ ПРОМИСЛОВОСТІ, ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ, ШЛАК МЕТАЛУРГІЙНИЙ, ЩЕБІНЬ, ЩЕБЕНЕВО-ПІЩАНА
СУМІШ.

Об'єкт дослідження – щебінь із шлаків феронікелевого виробництва згідно з ТУ У 27.1-31076956-005:2017 фракції 10 – 40 мм, 20 – 40 мм та 40 – 70 мм, а також щебенево-піщана суміш з максимальним розміром зерен 20 мм.

Мета дослідження – встановлення можливості використання щебених матеріалів із шлаків феронікелевого виробництва під час будівництва та ремонтів автомобільних доріг та встановлення відповідності їх фактичних значень вимогам ДСТУ 9043.

Метод дослідження – лабораторні випробування щебених матеріалів із шлаків феронікелевого виробництва.

Проведено лабораторні випробування з встановлення властивостей щебеню фракції 10 – 40 мм, 20 – 40 мм та 40 – 70 мм, щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм, а також складників цієї суміші.

Встановлено відповідність досліджуваних матеріалів вимогам національних стандартів та визначено область їх застосування для влаштування конструктивних шарів дорожнього одягу.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Загальні положення.....	6
2 Методи випробування	7
3 Вихідні матеріали.....	10
4 Практичне застосування щебених матеріалів з шлаків доменних...	10
5 Результати лабораторних випробувань.....	11
Висновки.....	18
Додаток А Перелік джерел посилання.....	22
Додаток Б Приклади конструкцій дорожнього одягу з використанням досліджених матеріалів.....	24

ВСТУП

Зростаючі об'єми дорожнього будівництва збільшують необхідність розширення та раціонального використання сировинних ресурсів. Потребу в кам'яних матеріалах можливо задовольнити за рахунок широкого використання вторинних продуктів промисловості та зменшити об'єми використання природних будівельних матеріалів, шляхом їх заміни альтернативними, зокрема шлаковими матеріалами, які є відходами металургійного виробництва [20].

Збір, вивчення, аналіз джерел інформації щодо щебених матеріалів з металургійних шлаків для влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг показав, що потреба у використанні цих матеріалів з кожним роком зростає [1 – 9].

Доцільність використання місцевих матеріалів, включаючи матеріали з металургійних шлаків, встановлено Державною цільовою економічною програмою розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки [10] та розпорядженням Кабінету Міністрів України [11]. Тому дослідження щебених матеріалів із шлаків феронікелевого виробництва є актуальним та своєчасним.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

У відділі бітумних в'язучих та асфальтобетонів Центру дорожніх матеріалів та технологій ДП «ДерждорНДІ» виконано дослідження з встановлення можливості використання щебеню із шлаків феронікелевого виробництва (ТОВ «Побужський феронікелевий комбінат») фракції 10 – 40 мм, 20 – 40 мм та 40 – 70 мм, а також щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм під час нового будівництва, реконструкції, капітального та поточного середнього ремонтів автомобільних доріг. Дослідження виконували на підставі договору від 22.04.2021 № 379-21 між ДП «ДерждорНДІ» та ТОВ «Побужський феронікелевий комбінат».

Дослідження було проведено в Головному випробувальному центрі ДП «ДерждорНДІ», акредитованому НААУ на компетентність відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (ISO/IEC 17025:2017, IDT) згідно із сферою акредитації та зареєстрований у Реєстрі 20 квітня 2021 року за № 20493.

Шлаки є цінною сировиною для виробництва щебених матеріалів і мінеральних в'язучих, що використовують під час будівництва та ремонтів автомобільних доріг. В дорожньому будівництві використовують шлаки чорної та кольорової металургії, які за хімічним складом (модулем основності) поділяють на кислі, нейтральні та основні. Кислі мають модуль основності менше ніж 1, в їх складі переважають діоксид кремнію та оксид алюмінію, основні мають модуль основності більше ніж 1, в їх складі переважають оксиди магнію та кальцію.

Щебеними матеріалами з неактивних шлаків можна замінити щебеними матеріалами з гірських порід. Їх застосовують для влаштування шарів основи й покриття різноманітних типів. Технологія влаштування шарів дорожнього одягу з матеріалів з неактивних шлаків така ж, як і при влаштуванні щебених основ і покриття з кондиційних щебених матеріалів.

Основні вимоги до шлакових матеріалів, а саме щебеню та щебенево-піщаних сумішей із металургійних шлаків (доменних, сталеплавильних та шлаків кольорової металургії), які призначають для влаштування і ремонту шарів дорожнього одягу та укріплення узбіч на автомобільних дорогах загального користування, встановлено в ДСТУ 9043.

В кожному окремому випадку перед застосуванням необхідно проводити лабораторні дослідження для уточнення основних характеристик шлаків, з метою їх оптимального та раціонального використання в конструкціях дорожнього одягу.

2 МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ

2.1 Зерновий склад

Зерновий склад визначали згідно з пунктом 4.3 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає в розділенні матеріалу на фракції за крупністю, використовуючи набір різних сит в порядку зменшення розмірів їх отворів. Розміри отворів і кількість сит вибирали відповідно до фракції проби. За результатами випробування встановлювали групу матеріалу за найбільшим розміром зерен та відповідність зернового складу вимогам таблиці 7 ДСТУ 9043, пункту 6.2.3 ДСТУ 9043 та таблиці 7 ДСТУ Б В.2.7-30.

2.2 Вміст пиловидних і глинистих часток

Вміст пиловидних та глинистих часток визначали згідно з пунктом 4.5 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у відмучуванні пиловидних та глинистих часток (розміром менше ніж 0,05 мм) з проби матеріалу. За результатами випробування встановлювали відповідність матеріалу вимогам пункту 6.1.5 ДСТУ 9043, пункту 6.2.3 ДСТУ 9043 та таблиці 7 ДСТУ Б В.2.7-30.

2.3 Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми

Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми визначали згідно з пунктом 4.7 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у візуальному огляді, відбиранні вручну та вимірюванні розмірів зерен товщина або ширина яких становить менше їх довжини у три та більше разів. За результатами випробування встановлювали форму зерен щебеню згідно з таблицею 6 ДСТУ Б В.2.7-74 та відповідність щебеню вимогам пункту 6.1.4 ДСТУ 9043.

2.4 Дробильність

Дробильність щебеню визначали згідно з пунктом 4.8 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у визначенні ступеню руйнування зерен щебеню у результаті стискання (роздавлювання) у циліндрі. За результатами випробування встановлювали марку щебеню за дробильністю згідно з таблицею 8 ДСТУ 9043.

2.5 Стираність у поличному барабані

Стираність щебеню у поличному барабані визначали згідно з пунктом 4.10 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у визначенні ступеню руйнування зерен щебеню у результаті впливу металевих кульок під час обертання в барабані. За результатами випробування встановлювали марку щебеню за стираністю згідно з таблицею 9 ДСТУ 9043.

2.6 Морозостійкість

Морозостійкість щебеню визначали згідно з пунктом 4.12 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у визначенні здатності щебеню протистояти поперемінному заморожуванню та відтаванню. За результатами випробування встановлювали марку щебеню за морозостійкістю згідно з таблицею 4 ДСТУ Б В.2.7-75.

2.7 Дійсна щільність

Дійсну щільність визначали згідно з пунктом 4.15 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у встановленні густини матеріалу в одиниці об'єму без урахування пор, що містить цей матеріал.

2.8 Середня щільність та пористість

Середню щільність та пористість визначали згідно з пунктом 4.16 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у встановленні густини матеріалу в одиниці об'єму з урахуванням доступних для води пор, що містить цей матеріал, та наступному розрахунку пористості.

2.9 Насипна щільність

Насипну щільність визначали згідно з пунктом 4.17 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у встановленні густини неущільненого матеріалу в одиниці об'єму.

2.10 Вологість

Вологість визначали згідно з пунктом 4.19 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у встановленні кількості вологи в шлаковому матеріалі.

2.11 Активність

Активність шлаку визначали згідно з пунктом 4.26 ДСТУ Б В.2.7-71. Дане випробування полягає у встановленні здатності шлаку до самоцементації при взаємодії з водою. За активністю шлаку визначають область застосування вироблених з нього щебеневих матеріалів. Вид шлаку за активністю визначали згідно з таблицею 12 ДСТУ 9043.

Результати, отримані під час лабораторних випробувань, наведено в розділі 5.

3 ВИХІДНІ МАТЕРІАЛИ

Під час проведення досліджень використовували:

- щебінь фракції 10 – 40 мм виробництва ТОВ «Побужський феронікелевий комбінат»;
- щебінь фракції 20 – 40 мм виробництва ТОВ «Побужський феронікелевий комбінат»;
- щебінь фракції 40 – 70 мм виробництва ТОВ «Побужський феронікелевий комбінат»;
- щебенево-піщану суміш з максимальним розміром зерен 20 мм виробництва ТОВ «Побужський феронікелевий комбінат».

4 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЩЕБЕНЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ШЛАКІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ

Область використання щебеневих матеріалів визначається їх властивостями. Щебеневі матеріали можна використовувати як без в'язучих (для влаштування незв'язних шарів дорожнього одягу), так і з в'язучими (бітумними, мінеральними). Відповідно до пункту 11.1 ДСТУ Б В.2.7-30 щебеневі матеріали без в'язучих використовують для влаштування покриття, шарів основи, додаткових шарів основи, вирівнювання поверхні шарів основи дорожнього одягу на автомобільних дорогах загального користування методом заклинки або з сумішей. При цьому, влаштування покриття із щебеневих матеріалів можливе на автомобільних дорогах IV – V категорії, а шарів основи – I – V категорії. Вимоги до щебеневих матеріалів із шлаків металургійних для влаштування покриття та основи дорожнього одягу з незв'язних матеріалів наведено в таблиці 1 (витяг з ДСТУ Б В.2.7-30).

Таблиця 1 – Вимоги до щєбєневих матеріалів із шлєків металургійних

Ч. ч.	Найменування показника	Значення показника для шарів дорожнього одягу			
		покриття		основи	
		категорія автомобільно дороги			
		IV (нижній шар)	V	I – III	IV – V
1	Марка за міцністю (за дробильністю), не нижче ніж	800	600	600	300
2	Марка за стираністю, не нижче ніж	Ст-II	Ст-III	Ст-III	Ст-III – Ст-IV
3	Марка щєбеню за морозостійкістю для районів за середньою температурою повітря найхолоднішого місяця року, °C, не нижче ніж: - від 0 до мінус 5 - від мінус 5 до мінус 10	F15	F15	F15	–
		F25	F25	F25	F25
4	Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми, % за масою, не більше ніж	15	15	35	–

5 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

5.1 Результати випробування щєбеню фракції 20 – 40 мм

Результати випробування наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати визначення властивостей щєбеню фракції 20 – 40 мм

Ч. ч.	Найменування показникf	Вимоги ДСТУ 9043	Фактичні значення показників
1	2	3	4
1	Повний залишок, у відсотках за масою, на контрольних ситах:		
	- d	90-100	98,9
	- 0,5 (d + D)	30-80	50,2
	- D	0-10	0,0
	- 1,25 D	0-0,5	0,0
2	Вміст пилоподібних та глинистих часток, % за масою	не більше ніж 3,0	0,05

Кінець таблиці 2

1	2	3	4
3	Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою	не більше ніж 35	13,3
4	Група за формою зерен	-	кубовидна
3	Втрата маси при випробуванні на міцність за дробильністю, % за масою	до 10	7,8
4	Марка щебеню за міцністю	1200	1200
5	Вміст слабких зерен, % за масою	не більше ніж 5	1,5
6	Втрата маси при випробуванні щебеню на стираність, % за масою	до 25	17,6
7	Марка щебеню за стираністю	Ст-I	Ст-I
8	Втрата маси після випробування на морозостійкість (прискорений метод), % за масою	до 5,0	4,2
9	Марка щебеню за морозостійкістю	F100	F100
10	Втрата маси щебеню за результатами випробування на стійкість структури проти розпаду, у відсотках	не більше ніж 3,0	0,41
11	Середня щільність, г/см ³	-	3,15
12	Насипна щільність, кг/м ³	-	1531,3
13	Вміст металевих домішок, % за масою	не більше ніж 5	0,0
14	Вологість, % за масою	-	0,02

За результатами проведених досліджень встановлено, що досліджений щебінь за зерновим складом відповідає вимогам таблиці 7 ДСТУ 9043, а за вмістом пилоподібних та глинистих часток – пункту 6.1.5 ДСТУ 9043.

Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою, становить 13,3 %. Відповідно до класифікації таблиці 6 ДСТУ Б В.2.7-74 за формою зерен щебінь може бути віднесено до кубовидної групи.

Втрата маси щебеню при випробуванні на міцність за дробильністю, % за масою, становить 7,8 %. Відповідно до класифікації таблиці 8 ДСТУ 9043 марка за дробильністю щебеню становить 1200. Вміст слабких зерен

становить 1,5 %, що відповідає вимогам таблиці 10 ДСТУ 9043 відповідно до марки за дробильністю 1200.

Втрата маси щебеню при випробуванні на стиранисть, % за масою, становить 17,6 %. Відповідно до класифікації таблиці 9 ДСТУ 9043 марка за стиранистю щебеню становить Ст-I.

Втрата маси після випробування на морозостійкість, % за масою, прискореним методом шляхом попереминого витримування щебеню у розчині сульфату натрію та висушування засвідчили, що досліджуваний щебінь відповідно до таблиці 4 ДСТУ Б В.2.7-75 може бути віднесено до марки F100, оскільки після п'яти циклів випробування втрата маси щебеню була не більше ніж 5,0 %.

Втрата маси щебеню за результатами випробування на стійкість структури проти розпаду становить 0,41 %, що відповідає вимогам таблиці 11 ДСТУ 9043 відповідно до марки за дробильністю 1200.

Досліджений щебінь не містить металевих домішок.

5.2 Результати випробування щебеню фракції 40 – 70 мм

Результати випробування наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати визначення властивостей щебеню фракції 40 – 70 мм

Ч. ч.	Найменування показників	Вимоги ДСТУ 9043	Фактичні значення показників
1	Повний залишок, у відсотках за масою, на контрольних ситах: - d - 0,5 (d + D) - D - 1,25 D	90-100 30-80 0-10 0-0,5	93,9 32,9 2,0 0,0
2	Вміст пилоподібних та глинистих часток, % за масою	не більше ніж 3,0	0,04
3	Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою	не більше ніж 35	11,1
4	Група за формою зерен	-	кубовидна
5	Вміст слабких зерен, % за масою	не більше ніж 5	0,0
7	Середня щільність, г/см ³	-	3,16
8	Насипна щільність, кг/м ³	-	1492,5
9	Вміст металевих домішок, % за масою	не більше ніж 5	0,0
10	Вологість, % за масою	-	0,03

За результатами проведених досліджень встановлено, що досліджений щебінь за зерновим складом відповідає вимогам таблиці 7 ДСТУ 9043, а за вмістом пилоподібних та глинистих часток – пункту 6.1.5 ДСТУ 9043.

Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою, становить 11,1 %. Відповідно до класифікації таблиці 6 ДСТУ Б В.2.7-74 за формою зерен щебінь може бути віднесено до кубовидної групи.

Досліджений щебінь не містить металевих домішок та слабких зерен.

5.3 Результати випробування щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм

Результати випробування щебенево-піщаної суміші наведено в таблиці 4, а складників суміші – в таблиці 5.

Таблиця 4 – Результати визначення властивостей щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм

Ч. ч.	Найменування показників	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-30 до суміші номер			Фактичні значення показників
		С2	С9	С10	
1	Зерновий склад за повним залишком, % за масою, на контрольних ситах, з розміром отворів, мм:				
	- 20	0-20	0-20	0-20	3,4
	- 10	10-35	25-40	15-30	32,1
	- 5	25-50	40-65	30-55	62,4
	- 2,5	35-60	55-80	40-70	78,6
	- 0,63	55-80	75-95	65-97	91,5
	- 0,16	65-90	90-100	85-95	96,6
	- 0,05	80-92	95-100	95-100	97,6
2	Вміст домішок металу, % за масою	не більше ніж 5,0 %			1,4
3	Насипна щільність, кг/м ³	-			1705,3
4	Вологість, % за масою	-			1,0

За результатами проведених досліджень встановлено, що щебенево-піщана суміш за зерновим складом відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-30 щодо суміші номер С9.

Таблиця 5 – Результати визначення властивостей щебеню у складі щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм

Ч. ч.	Найменування показника	Вимоги ДСТУ 9043	Фактичні значення показників для щебеню фракції	
			5-10	10-20
3	Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою	не більше ніж 35	15,5	8,2
4	Група за формою зерен	-	поліпшена	окатана
3	Втрата маси при випробуванні на міцність за дробильністю, % за масою	до 10	6,0	6,3
4	Марка щебеню за міцністю	1200	1200	1200
5	Вміст слабких зерен, % за масою	не більше ніж 5	3,8	2,7
6	Втрата маси при випробуванні щебеню на стираність, % за масою	до 25	14,6	14,0
7	Марка щебеню за стираністю	Ст-I	Ст-I	Ст-I
8	Втрата маси після випробування на морозостійкість (прискорений метод), % за масою	до 5,0	4,8	4,7
9	Марка щебеню за морозостійкістю	F100	F100	F100
10	Втрата маси щебеню за результатами випробування на стійкість структури проти розпаду, у відсотках	не більше ніж 3,0	0,64	0,56
11	Середня щільність, г/см ³	-	3,00	3,08
12	Вміст металевих домішок, % за масою	не більше ніж 5	1,4	0,4

За результатами проведених досліджень встановлено, що вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою, у щебені фракції 5 – 10 мм становить 15,5 %, а у щебені фракції 10 – 20 мм – 8,2 %. Відповідно до класифікації таблиці 6 ДСТУ Б В.2.7-74 за формою зерен щебінь фракції

5 – 10 мм може бути віднесено до поліпшеної групи, а щебінь фракції 10 – 20 мм – до окатаної групи.

Втрата маси щебеню при випробуванні на міцність за дробильністю, % за масою, для щебеню фракції 5 – 10 мм становить 6,0 %, а щебеню фракції 10 – 20 мм – 6,3 %. Відповідно до класифікації таблиці 8 ДСТУ 9043 марка за дробильністю щебеню всіх фракцій становить 1200. Вміст слабких зерен у щебені фракції 5 – 10 мм становить 3,8 %, а у щебені фракції 10 – 20 мм – 2,7 %, що відповідає вимогам таблиці 10 ДСТУ 9043 відповідно до марки за дробильністю 1200.

Втрата маси щебеню при випробуванні на стиранисть, % за масою, для щебеню фракції 5 – 10 мм становить 14,6 %, а щебеню фракції 10 – 20 мм – 14,0 %. Відповідно до класифікації таблиці 9 ДСТУ 9043 марка за стиранистю щебеню всіх фракцій становить Ст-I.

Втрата маси після випробування на морозостійкість, % за масою, прискореним методом шляхом попереминого витримування щебеню у розчині сульфату натрію та висушування засвідчили, що досліджуваний щебінь відповідно до таблиці 4 ДСТУ Б В.2.7-75 може бути віднесено до марки F100, оскільки після п'яти циклів випробування втрата маси щебеню кожної фракції була не більше ніж 5,0 %.

Втрата маси щебеню за результатами випробування на стійкість структури проти розпаду становить 0,64 % для щебеню фракції 5 – 10 мм та 0,56 % для щебеню фракції 10 – 20 мм, що відповідає вимогам таблиці 11 ДСТУ 9043 відповідно до марки за дробильністю 1200.

5.4 Результати випробування щебеню фракції 10 - 40 мм

Результати випробування щебеню наведено в таблиці 6, а складників щебеню – в таблиці 2 та таблиці 5.

Таблиця 6 – Результати визначення властивостей щебеню фракції 10 – 40 мм

Ч. ч.	Найменування показників	Вимоги ДСТУ 9043	Фактичні значення показників
1	Повний залишок, у відсотках за масою, на контрольних ситах: - d - 0,5 (d + D) - D - 1,25 D	90-100 30-80 0-10 0-0,5	99,4 62,4 0,5 0,0
2	Вміст пилоподібних та глинистих часток, % за масою	не більше ніж 3,0	0,18
3	Насипна щільність, кг/м ³	-	1531,5
4	Вологість, % за масою	-	1,2

За результатами проведених досліджень встановлено, що досліджений щебінь за зерновим складом відповідає вимогам таблиці 7 ДСТУ 9043, а за вмістом пилоподібних та глинистих часток – пункту 6.1.5 ДСТУ 9043. Складники досліджуваного щебеню відповідають вимогам ДСТУ 9043.

5.5 Результати визначення активності

Результати визначення активності наведено в таблиці 7.

Таблиця 7 – Результати визначення активності

Ч. ч.	Найменування показників	Вимоги ДСТУ 9043	Результат випробування
1	Границя міцності при стиску зразків, виготовлених із молотого шлаку, МПа	до 1,0 включно	0,3
2	Вид шлаку за активністю	неактивний	неактивний

Досліджуваний шлак відповідно до значень границі міцності при стиску зразків, що виготовлені з молотого шлаку з оптимальною вологістю, згідно з таблицею 9 ДСТУ 9043 та пункту 3.8.2 ТУ У В.2.7-27.1-05393043-113 може бути віднесений до неактивного виду.

ВИСНОВКИ

Результати лабораторних випробувань засвідчили відповідність шлакових матеріалів феронікелевого виробництва та їх складників вимогам ДСТУ 9043.

Встановлено, що досліджувані шлакові матеріали можна використовувати:

1) без використання в'язучих для влаштування щєбєневих шарів дорожнього одягу (покриття, основи, додаткової основи) згідно з ДСТУ Б В.2.7-30, а саме:

– щєбєнево-пїщану сумїш С9 (фракція 0 – 20 мм) для влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних дорїг загального користування;

– щєбїнь фракції 20 – 40 мм під час влаштування покриття дорожнього одягу автомобільних дорїг загального користування IV – V категорїї методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 як щєбїнь розклинювальної фракції;

– щєбїнь фракції 20 – 40 мм під час влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних дорїг загального користування IV – V категорїї методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 як щєбїнь розклинювальної фракції;

– щєбїнь фракції 20 – 40 мм та 40 – 70 мм під час влаштування покриття дорожнього одягу автомобільних дорїг загального користування IV – V категорїї методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 як щєбїнь основної фракції;

– щєбїнь фракції 40 – 70 мм під час влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних дорїг загального користування IV – V категорїї методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 як щєбїнь основної фракції;

– щєбїнь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм для виробництва щєбєнево-пїщаної сумїші згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С1, що використовують для влаштування покриття дорожнього одягу автомобільних дорїг загального користування IV – V категорїї;

– щєбїнь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм для виробництва щєбєнево-пїщаних сумїшей згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С4 – С8, що використовують

для влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування;

– щебінь фракції 40 – 70 мм для виробництва щебенево-піщаних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С4 – С6, що використовують для влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування;

2) з використанням в'язучих, а саме:

– суміш фракції 0 – 20 мм для виробництва дрібнозернистих і крупнозернистих бітумомінеральних та вологих органо-мінеральних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-305;

– суміш фракції 0 – 20 мм для виробництва сумішей, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу, згідно з ДСТУ 8976;

– суміш фракції 0 – 20 мм у складі щебенево-піщаних сумішей, оброблених неорганічним в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39;

– суміш фракції 0 – 20 мм у складі щебенево-піщаних сумішей, оброблених комплексом в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39;

– щебінь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм для виробництва крупнозернистих бітумомінеральних та вологих органо-мінеральних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-305;

– щебінь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм для виробництва чорного щебеню згідно з СОУ 42.1-37641918-124;

– щебінь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм для оброблення просоченням згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39;

– щебінь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм для сумішей, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу, згідно з ДСТУ 8976;

– щебінь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм у складі щебенево-піщаних сумішей, оброблених неорганічним в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39;

– щебінь фракції 10 – 40 мм та 20 – 40 мм у складі щебенево-піщаних сумішей, оброблених комплексом в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39.

Отримуваний щебінь з щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм можна використовувати:

1) без використання в'язучих, а саме:

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм під час влаштування покриття дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування IV – V категорії методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 як щебінь розклинювальних фракцій;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм під час влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування IV – V категорії методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 як щебінь розклинювальних фракцій;

– щебінь фракції 5 – 10 мм для виробництва щебенево-піщаної суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С1 – С3, що використовують для влаштування покриття дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування IV – V категорії;

– щебінь фракції 10 – 20 мм для виробництва щебенево-піщаної суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С1 та С2, що використовують для влаштування покриття дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування IV – V категорії;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм для виробництва щебенево-піщаних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С4 – С10, що використовують для влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування;

– щебінь фракції 5 – 10 мм для виробництва щебенево-піщаної суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С11, що використовують для розклинювання матеріалу дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування IV – V категорії;

– щебінь фракції 5 – 10 мм для виробництва щебенево-піщаних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 номер С13 – С14, що використовують для вирівнюючих шарів основи дорожнього одягу;

2) з використанням в'язучих, а саме:

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм для виробництва дрібнозернистих та крупнозернистих бітумомінеральних та вологих органо-мінеральних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-305;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм для виробництва чорного щебеню згідно з СОУ 42.1-37641918-124;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм для оброблення просоченням згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм для сумішей, виготовлених за технологією холодного ресайклінгу, згідно з ДСТУ 8976;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм у складі щебенево-піщаних сумішей, оброблених неорганічним в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39;

– щебінь фракції 5 – 10 мм та 10 – 20 мм у складі щебенево-піщаних сумішей, оброблених комплексом в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39.

Додаток А

Перелік джерел посилання

1. Каталог місцевих матеріалів та відходів виробництва для дорожнього будівництва. ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна», 2011 р.
2. Крюковська Л. І. Підвищення рівня екологічної безпеки у дорожньому будівництві шляхом використання металургійних шлаків: автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.01. — «Екологічна безпека». Національний авіаційний університет. Київ:, 2019. – 188 с.
3. Кравчуновська Т. С. Системний підхід до обґрунтування доцільності використання техногенних відходів у будівництві: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.22 / Т. С. Кравчуновська; Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. - Дніпропетровськ :, 2004. - 21 с.
4. Копач П.І. Проблема зниження відходності господарських комплексів гірничо-металургійного регіону та шляхи її вирішення / П.І. Копач, Я.Я. Сердюк // Екологія і природокористування. - 2011. - Випуск 14. - С. 161-177.
5. Крюковська Л. І. Оцінювання техніко-експлуатаційних показників дорожніх одягів з використанням альтернативних дорожньо-будівельних матеріалів/ Л. І. Крюковська // Тези доповідей LXVII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2011. – С. 81.;
6. Рояк С. М. Структура доменных шлаков и их активность / С. М. Рояк, А. В. Пьячев, Я. Ш. Школьник // Цемент. 1978. – № 8. – С. 4–5.
7. Звіт ДП «ДерждорНДІ» за 2007 р. (№ держреєстрації 0106 У 005177) про виконання НДР «Розробити ДСТУ «Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для дорожніх робіт. Технічні умови». Договір від 15.03.2006 № 68-06 між Укравтодором та ДерждорНДІ.
8. World Steel Association веб-сайт.URL: <https://www.worldsteel.org/>.

9. Скорченко В.Ф. Застосування металургійних шлаків при будівництві автомобільних доріг як заміників традиційних дорожньо-будівельних кам'яних матеріалів. /В.Ф. Скорченко // Тези доповідей. – К: НТУ, 2007. - с. 124.

10. Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/derzhavna-cilova-ekonomichna-programa-rozvitku-avtomobilnih-dorig-zagalnogo-koristuvannya-derzhavnogo-znachennya-na-2018-2022-roki>.

11. Розпорядження Кабінету міністрів України від 04 грудня 2019 року № 1420-р «Про застосування відходів виробництва в дорожньому будівництві». URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zastosuvannya-vidhodiv-virobnic-a1420r>.

12. ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови.

13. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань (ГОСТ 8269.0-97).

14. ДСТУ Б В.2.7-74-98 Крупні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація.

15. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.

16. ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів.

17. ДСТУ 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови.

18. ДСТУ 9043:2020 Матеріали щебениві зі шлаків металургійних для дорожнього будівництва. Технічні умови.

19. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.

20. Миколаєнко О. А, Лозова Т. М. Перспектива використання відходів промисловості в конструктивних шарах дорожнього одягу // Дороги і мости. Київ, 2020. Вип. 22. С. 249-257.

Додаток Б

Приклади конструкцій дорожнього одягу з використанням досліджених матеріалів

Таблиця Б.1 – Приклад конструкції дорожнього одягу для автомобільної дороги I категорії

Матеріал	Товщина, см
ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі, комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавками, марки БМКП 40/60-68 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016	5
АБ.Кр.Щ.А1.НП.БМКА 40/60-59.ДСТУ 8959:2019	10
Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10
ЩПС-40 з шлакових матеріалів, укріплена цементом, марки М 40 згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016	17
ЩПС С5 з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013	21
Пісок з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95	15
Грунт земляного полотна	-

Таблиця Б.2 – Приклад конструкції дорожнього одягу для автомобільної дороги II категорії

Матеріал	Товщина, см
ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі, комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавками, марки БМКП 40/60-68 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016	5
АБ.Др.Щ.А.НП.БМКА 40/60-59.ДСТУ 8959:2019	6
Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10
ЩПС-40 з шлакових матеріалів, укріплена цементом, марки М 40 згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016	17
ЩПС С5 з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013	21
Пісок з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95	15
Грунт земляного полотна	-

Таблиця Б.3 – Приклад конструкції дорожнього одягу для автомобільної дороги III категорії

Матеріал	Товщина, см
АБ.Др.Щ.А.НП.БМКА 40/60-59.ДСТУ 8959:2019	5
Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10
ЩПС-20 з шлакових матеріалів, укріплена цементом, марка М 20 згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016	15
ЩПС С5 з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013	21
Грунт земляного полотна	-

Таблиця Б.4 – Приклад конструкції дорожнього одягу для автомобільної дороги IV категорії

Матеріал	Товщина, см
Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.В.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	5
Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10
ЩПС С7 з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013	15
Грунт земляного полотна	-

Таблиця Б.5 – Приклад конструкції дорожнього одягу для автомобільної дороги V категорії

Матеріал	Товщина, см
СБМД.Г.Др.Щ.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-305:2015	5
Чорний щебінь з шлакових матеріалів згідно з СОУ 42.1-37641918-124:2014	8
ЩПС С7 з шлакових матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013	15
Грунт земляного полотна	-

Примітка. Сірим виділено шари дорожнього одягу, в яких може бути використано досліджені щебеневі матеріали з металургійних шлаків феронікелевого виробництва.

Розшифровка позначення матеріалів:

1. ЩМА-20 – щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальним розміром зерен 20 мм.
2. АБ.Кр.Щ.А1.НП.БМКА 40/60-59 – асфальтобетон крупнозернистий, щільний, з вмістом щебеню від 50 % до 65 %, непереривчастої гранулометрії, на бітумі дорожньому, модифікованому комплексом добавок, марки БМКА 40/60-59.
3. АБ.Др.Щ.А.НП.БМКА 40/60-59 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, з вмістом щебеню від 45 % до 55 %, непереривчастої гранулометрії, на бітумі дорожньому, модифікованому комплексом добавок, марки БМКА 40/60-59.
4. Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.В.НП.І.БНД 70/100 суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу В, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум в'язкий БНД 70/100.
5. Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 – суміш гаряча, крупнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А1, непереривчастої гранулометрії, марки І, бітум в'язкий БНД 70/100.
6. СБМД.Г.Др.Щ.І.БНД 70/100 – суміш для шару покриття, бітумомінеральна дорожня гаряча, дрібнозерниста, бетон із суміші щільний, марка І, бітум нафтовий дорожній в'язкий БНД 70/100.
7. ЩПС-40 – щебенево-піщана суміш з максимальним розміром зерен 40 мм.
8. ЩПС-20 – щебенево-піщана суміш з максимальним розміром зерен 20 мм.
9. ЩПС С7 – щебенево-піщана суміш не оброблена в'язучим з максимальним розміром зерен 40 мм.
10. ЩПС С5 – щебенево-піщана суміш не оброблена в'язучим з максимальним розміром зерен 70 мм.