

В.Т. Климчук, О.А. Прищеп, В.Л. Совецький

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ ДОБАВКИ «NANOTERRASOIL» ВИРОБНИЦТВА НІМЕЧЧИНИ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ҐРУНТІВ ВІЙСЬКОВО- АВТОМОБІЛЬНИХ (ПОЛЬОВИХ, ЛІСОВИХ) ДОРІГ ТА ПЛОЩАДОК

Стаття стосується вирішення актуального науково-прикладного завдання обґрунтування необхідності підготовки шляхів руху військ у короткий термін з відповідними вимогами, для чого пропонується використовувати для укріплення ґрунтів технологію холодного ресайклінгу. В основі технології холодного ресайклінгу покладено принцип укріплення та стабілізації фрезерованих сумішей, що призводить до зміни властивостей матеріалів з існуючих шарів дорожнього покриття різного складу і перетворення їх на монолітний міцний морозостійкий конструктивний шар дорожнього покриття. Для укріплення фрезерованого матеріалу в якості в'язучого застосовують мінеральні в'язучі (цемент, вапно, активні або високоактивні шлаки), органічні в'язучі (бітумні емульсії, бітуми нафтові дорожні рідики, бітуми нафтові дорожні в'язки) або комплексне в'язуче (мінеральне та органічне в'язуче). У статті були проведені обґрунтування можливості застосування полімерного стабілізатора «Nanoterrasoil» (NTS) в якості компонента комплексного в'язучого разом із цементом для укріплення фрезерованого матеріалу при застосуванні технології холодного ресайклінгу.

Ключові слова: ґрунт, цемент, полімерна добавка, стабілізація, міцність.

Постановка проблеми

У сучасних умовах війська, як ніколи раніше, стали залежними від кількості й якості доріг. Дороги набули оперативного значення, вони виявились одним із важливих чинників забезпечення широкого маневру і рухомості військ.

При підготовці і в ході операції виникає необхідність не тільки в шляхах підвозу й евакуації, але і в шляхах, які забезпечують широкий маневр військ по фронту і в глибині.

Різно змінились умови підготовки шляхів. Зросли темпи наступу, в зв'язку з чим значно скоротився час на виконання завдань підрозділами інженерних військ на окремих об'єктах.

Застосування високоточної зброї зумовило зміну характеру загороджень і руйнувань та збільшення їх обсягу. Підготовка шляхів часто буде виконуватись разом з подоланням районів масових руйнувань, пожеж і зон радіоактивного зараження.

Внаслідок вищенаведених змін підготовка шляхів вже не може ґрунтуватись на старих прийомах і способах. Необхідність забезпечення стрімких дій військ у складних умовах сучасної війни висунула на перший план актуальну проблему, а саме: пошук нових, більш прогресивних рішень, із застосуванням сучасних машин, механізмів і конструкцій.

Розташування шляхів на місцевості визначається заданими маршрутами, тобто, напрямками руху військ, що вказуються зазвичай переліком орієнтирів (населених пунктів, окремих об'єктів, висот і т.п.).

Маршрути варто поєднувати з існуючими автомобільними дорогами, з огляду на вимоги, пропонувані до шляхів, і мінімальні обсяги робіт з розгородження та відновлення зруйнованих ділянок доріг.

Колонний шлях прокладається по місцевості при недостатній кількості існуючих доріг, чи неможливості та недоцільності їхнього використання, а також для об'їзду зруйнованих (загороджених) ділянок доріг. Він являє собою обраний на місцевості напрямок поза дорогами, підготовлений для короткочасного руху військ.

Шляхи руху військ класифікуються за наступними ознаками:

- **за напрямком** – фронтальні (що йдуть до фронту) і рокадні (що йдуть уздовж фронту);

- **за призначенням** – шляху маневру, шляху висування (здійснення маршу, перегруповання), шляху до рубежів розгортання, під'їзні й об'їзні шляхи;

- **за належністю** – бригадні, оперативного командування;

- **за характером руху** – для колісної техніки, для гусеничної техніки, для змішаного руху і для одностороннього, двостороннього чи човникового (реверсивного) руху;

- **за значенням** – основні, запасні та хибні.

Підготовка шляхів здійснюється з максимальним використанням шляхів, підготовлених діючими попереду військами. Цим досягається збільшення темпу підготовки шляхів і послідовне поліпшення умов руху ними.

середовища та нешкідливим при виконанні робіт з метою зміцнення або стабілізації матеріалів. Ефект стабілізації ґрунтів такими стабілізаторами обумовлений розпадом емульсії (випаровуванням води) і твердінням полімеру. Розпад емульсії відбувається тоді, коли окремі її краплинки, які знаходяться в підвішеному стані у водяній фазі, з'єднуються одна з одною. При цьому формуються достатньо міцні водостійкі структури. Це відбувається тоді, коли частинки емульсії змочують поверхню частинок ґрунту і полімер осідає на них. Час розпаду емульсії та твердіння полімеру залежить від температури і вологості повітря, а також від вмісту тонкодисперсних частинок ґрунту.

У табл. 1 наведено основні характеристики полімерного стабілізатора NTS.

Таблиця 1

**Основні характеристики
полімерного стабілізатора «Nanoterrasol»**

Назва показника	Значення показника
Зовнішній вигляд	В'язка рідина
Колір	Білий
Запах	Слабкий специфічний
Густина, г/см ³	Від 1,00 до 1,10
Значення рН при 25 °С	Від 7,0 до 11,0
В'язкість при 25 °С	Від 30 до 40

Для встановлення фізико-механічних властивостей фрезерованого матеріалу, укріпленого різною кількістю цементу та полімерною добавкою NTS, було розроблено програму лабораторних досліджень фрезерованих сумішей, укріплених та стабілізованих з використанням комплексного в'язучого за технологією холодного ресайклінгу.

За дослідженням властивостей сумішей укріпленого ґрунту цементом та полімерною добавкою, який був проведений Державним дорожнім науково-дослідним інститутом імені М.П. Шульгіна «ДерждорНДЦ», було встановлено оптимальну кількість цементу та полімерної добавки, яка визначалась шляхом підбору складу суміші ґрунту з в'язучими згідно з вимогами додатку Г [5].

Формування зразків проводилось за оптимальною вологістю ґрунту – $W_0 = 12,80\%$.

$$Q_p = \frac{m_r(W_0 - W)}{p(1 + W)}$$

де m_r – маса ґрунту, г;

W_0 – оптимальна вологість, %;

W – початкова вологість, %;

p – щільність води, г/см³.

$В/Ц = 0,5$.

Для визначення ефективності застосування полімерної добавки «Nanoterrasol» виробництва Німеччини були заформовані зразки суміші ґрунту,

укріпленого цементом та полімерною добавкою «Nanoterrasol»:

I – ґрунт + 6% цементу;

II – ґрунт + 6% цементу + 1% NTS;

III – ґрунт + 8% цементу;

IV – ґрунт + 8% цементу + 1% NTS;

V – ґрунт + 10% цементу;

VI – ґрунт + 10% цементу + 1% NTS.

При підборі складу сумішей кількість цементу та оптимальна вологість ґрунту відповідали вимогам [5] для супіску.

Виготовлені зразки із укріплених ґрунтів піддавали повному водонасиченню протягом 2 діб при температурі 20 °С, згідно з вимогами п. 13.2.3 [6].

Визначення межі міцності на розтягування при вигині проводили згідно з вимогами п. 16 [6].

Показники міцності на розтягування при вигині та модуль деформації укріплених ґрунтів наведено в табл. 2 і 3. Модуль деформації зразків-балочок з укріпленого ґрунту з 8–10% цементу складає 860–1750 МПа відповідно.

Таблиця 2

**Показники міцності на розтягування при вигині та
модуль деформації суміші ґрунту
з 8% цементу та 1% NTS**

Найменування характеристик	Одиниця виміру	Код		
		NST 81	NST 82	NST 83
Межа міцності на розтяг при згині	кН	0,475	0,491	0,502
	МПа	1,11328125	1,15078125	1,1765625
Максимальний прогин (деформація)	мм	0,051	0,055	0,057
Гранична відносна деформація при вигині	мм	0,1224	0,132	0,1368
Модуль деформації	МПа	909,5435049	871,803977	860,060307

Згідно з вимогами [5] визначали і коефіцієнт морозостійкості зразків, укріплених цементом (10% і 8%) та полімерною добавкою NTS. Він складає 0,75–0,76 відповідно.

З цією метою було виготовлено зразки з фрезерованої суміші з різною кількістю в'язучого. Суміш із фрезерованого матеріалу змішували з гранулометричною добавкою і цементом, після чого отриману суміш зволожували. У зволожену суміш додавали полімерну добавку «Nanoterrasol» і перемішували до отримання однорідної за кольором маси у лабораторних змішувачах. Встановлена кількість води у суміші може бути зменшена за рахунок води, яка міститься у полімерній емульсії «Nanoterrasol». За оптимальну вологість приймали вологість, при якій щільність зразків, ущільнених під навантаженням

Підготовка шляхів залежно від обстановки, наявності дорожньої мережі і характеру місцевості ведеться для змішаного чи роздільного руху колісної та гусеничної техніки. Шляхи для роздільного руху готуються при необхідності збереження від руйнування існуючих доріг, а також при підготовці колонних шляхів на важкопрохідній місцевості.

При прокладанні колонних шляхів виникає необхідність в укріпленні ґрунтів, для цього пропонується використовувати технологію холодного ресайклінгу та використання фрезерованих укріплених (стабілізованих) сумішей.

Актуальність застосування технології холодного ресайклінгу та використання фрезерованих укріплених (стабілізованих) сумішей обумовлено значними обсягами дорожньо-будівельних робіт, які збільшуються з кожним роком, і можливістю повторного використання дорожньо-будівельних матеріалів з шарів існуючої дорожньої конструкції. В основу технології холодного ресайклінгу покладено принцип укріплення та стабілізації фрезерованих сумішей, що призводить до зміни властивостей матеріалів з існуючих шарів дорожнього покриття різного складу і перетворення їх на монолітний міцний морозостійкий конструктивний шар дорожнього покриття.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Технологія укріплення/стабілізації ґрунтів з використанням неорганічних в'язучих матеріалів застосовується в дорожньому будівництві вже давно як у нашій країні, так і за кордоном. При використанні цієї технології розділяють стабілізацію і укріплення ґрунтів. Стабілізація ґрунтів дає можливість покращити умови ущільнення місцевих ґрунтів. Цей метод дозволяє влаштовувати морозозахисні шари та збільшити носійну здатність ґрунтів основ. При укріпленні ґрунтів відбувається суттєве збільшення фізико-механічних характеристик місцевих ґрунтів. Це досягається шляхом внесення в ґрунт в'язучих матеріалів та домішок і послідовного виконання технологічних операцій з використанням ґрунтозмішувальних та ущільнювальних машин.

Ця технологія дозволяє практично уникнути проникнення вологи скрізь шар укріпленої основи дорожнього покриття до матеріалів земляного полотна, в результаті чого вологість робочого шару земляного полотна завжди буває менше, ніж при використанні традиційних щепеневих основ на дренальному піщаному шарі. Відповідно до чинних Відомчих будівельних норм України (ВБН) [1] «Укріплення та стабілізація шарів дорожнього одягу за методом холодного ресайклінгу» для укріплення фрезерованого матеріалу в якості в'язучого застосовують мінеральні в'язучі (цемент, вапно, активні або високоактивні шлаки), органічні в'язучі (бітумні емульсії, бітуми нафтові дорожні рідкі, бітуми

нафтові дорожні в'язкі) або комплексне в'язуче (мінеральне та органічне в'язуче).

Останнім часом крім традиційних мінеральних та органічних в'язучих для укріплення ґрунтів застосовують полімерні стабілізатори, які в малих дозах позитивно впливають на властивості будівельних матеріалів за рахунок активізації фізико-хімічних процесів при формуванні структури композитного матеріалу.

Стабілізатори – це дуже великий клас різних за складом і походженням речовин, які в малих дозах позитивно впливають на формування властивостей дорожньо-будівельних матеріалів за рахунок активізації фізико-хімічних та оптимізації технологічних процесів. Стабілізатори можуть бути різного походження, відрізнятися за властивостями, але їх об'єднує те, що вони збільшують міцність, волого- і морозостійкість ґрунтів.

Досвід використання стабілізаторів без традиційних в'язучих матеріалів (цемент, вапно) показав, що більшість ґрунтів не водостійкі й не витримують стандартних випробувань за нормами, що діють в Україні. Але стабілізатори в комплексі з неорганічними в'язучими дають можливість отримувати міцні й водостійкі композиції, що відповідають нормативним вимогам.

Всі стабілізатори, що пропонуються, за складом і природою взаємодії з ґрунтами об'єднані у два класи – іонні та полімерні.

Стабілізатори не можна розглядати як мінеральні в'язучі, які створюють міцні кристалізаційні та коагуляційні зв'язки в укріпленому ґрунті. Структурні зв'язки у ґрунті, обробленому стабілізатором, формуються глинистими частинками, які менш водостійкі при водонасиченні порівняно з ґрунтами, укріпленими традиційними мінеральними в'язучими – цементом чи вапном. Для розширення області використання стабілізаторів ґрунтів у дорожньому будівництві рекомендується, крім стабілізаторів, застосовувати мінеральні в'язучі. В цьому випадку стабілізатор сприяє підвищенню щільності і міцності укріпленого ґрунту, а також зниженню витрат мінеральних в'язучих.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування можливості застосування полімерного стабілізатора NTS в технології холодного ресайклінгу шляхом встановлення закономірностей формування структури укріпленого фрезерованого матеріалу в залежності від різної кількості цементу та полімерного стабілізатора.

Виклад основного матеріалу

У статті були проведені обґрунтування можливості застосування полімерного стабілізатора «Nanoterrasol» (NTS) в якості компоненту комплексного в'язучого разом із цементом для укріплення фрезерованого матеріалу при застосуванні технології холодного ресайклінгу. Добавка «Nanoterrasol» відноситься до полімерних емульсій та складається з суміші латексу і целюлози, розчинених у воді, і є нейтральним відносно навколишнього

15 МПа, є максимальною. Із сумішей фрезерованого укріпленого матеріалу оптимального складу виготовляли по шість зразків кожного виду суміші шляхом ущільнення у сталевих циліндричних формах з двома вкладками, діаметром 10 см і висотою 15 см відповідно до найбільшої крупності зерен.

Таблиця 3

Показники міцності на розтягування при вигині та модуль деформації суміші ґрунту з 10% цементу та 1% NTS

Найменування характеристик	Одиниця виміру	Код		
		NST 101	NST 102	NST 103
Межа міцності на розтяг при згині	кН	0,706	0,545	0,693
	МПа	1,65	1,28	1,62
Максимальний прогин (деформація)	мм	0,047	0,031	0,045
Гранична відносна деформація при вигині	мм	0,11	0,07	0,11
Модуль деформації	МПа	1467	1717	1504

Зразки формували і ущільнювали протягом 3 хв під навантаженням 15 МПа (для сумішей, укріплених неорганічними в'язучими). Виготовлені зразки зберігали в екзикаторах над водою. Зразки із фрезерованого укріпленого матеріалу з портландцементом зберігали 28 діб, після цього визначали їх фізико-механічні показники згідно з [1]. Зразки також випробували після семи діб зберігання для отримання

орієнтовних значень показників межі міцності при стиску в початкові терміни твердіння. При цьому показники межі міцності після семи діб твердіння становили не менше ніж 80% значень величин міцності для зразків, що тверділи 28 діб. Відповідно до прийнятої програми експериментальних досліджень було заформовано серію зразків з фрезерованої суміші з різною кількістю цементу. Кількість полімерної добавки приймали в залежності від кількості цементу з розрахунку 6% від маси цементу. На першому етапі випробувань встановлювали залежність межі міцності при стиску при 20 °С водонасичених зразків з фрезерованої суміші, укріпленої та стабілізованої від часу твердіння при різному вмісті цементу.

Межу міцності визначали на 7, 14 та 28 добу твердіння з вмістом цементу 4%; 6%; 8%; без полімерної добавки NTS.

Із наведених залежностей видно, що у зразків з укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші з полімерною добавкою NTS границя міцності на 28 добу має більші значення порівняно зі зразками без добавки. Таким чином, можна зазначити, що введення полімерної добавки до складу суміші сприяє зростанню її міцності. На другому етапі випробувань визначали вплив кількості доданого цементу на фізико-механічні показники зразків з укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші, витриманих протягом 28 діб: а) щільність; б) водонасичення; в) межа міцності при стисненні за температурою 20 °С; г) межа міцності при стисненні за температурою 50 °С. Залежність фізико-механічних властивостей зразків укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші від вмісту цементу наведена в табл. 4.

Таблиця 4

Показники фізико-механічних характеристик фрезерованого матеріалу, укріпленого та стабілізованого з використанням комплексного в'язучого на основі NTS та цементу

№ з/п	Склад суміші			Межа міцності на стиск, МПа										Коефіцієнт водостійкості	Коефіцієнт морозостійкості	Кількість діб твердіння
	Ґрунт	Полімерна добавка NTS, %	Цемент, %	Неводонасичених зразків					Водонасичених зразків (2 доби у воді)							
				1	2	3	Сер. арифметичне	Сер. квадрат. відхил.	1	2	3	Сер. арифметичне	Сер. квадрат. відхил.			
1	Супісок	-	6	5.5	5.6	5.8	5.6	0.2	4.3	4.0	4.5	4.3	0.3	0.77	-	28
2		1	6	4.7	4.5	4.3	4.5	0.2	4.2	4.5	4.7	4.4	0.3	0.98	-	
3		-	8	6.8	6.6	6.2	6.5	0.3	5.1	4.6	5.3	5.0	0.4	0.77	0.7	
4		1	8	5.7	5.2	5.9	5.6	0.3	5.4	5.9	6.2	5.8	0.4	1.04	0.75	
5		-	10	6.7	6.6	6.0	6.4	0.4	5.0	4.5	4.3	4.6	0.3	0.72	0.68	
6		1	10	6.1	6.0	5.5	5.9	0.3	5.1	5.8	5.2	5.3	0.4	0.90	0.76	

В результаті аналізу залежностей встановлено, що кількість цементу в межах визначених концентрацій не впливає на щільність зразків, витриманих протягом 28 діб зразків укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші, але впливає на показники

водонасичення та межі міцності при стисненні. Водонасичення зразків зростає зі збільшенням концентрації цементу від 4 до 6%. При подальшому збільшенні кількості цементу зростання показника водонасичення припиняється. У той же час, межа

міцності при стисненні за температурою 20 та 50 °С зі збільшенням концентрації цементу збільшується. Однак, інтенсивність зростання міцності зразків істотно збільшується при концентрації цементу більше 6%. Основним критерієм визначення оптимальної кількості цементу в укріпленій і стабілізованій фрезерованій суміші є тріщиностійкість. Опосередковано про тріщиностійкість можна судити за величиною міцності при стисненні.

Тому можна припустити, що концентрація цементу не повинна перевищувати 6%. Більш інформативним показником деформаційних властивостей матеріалу при від'ємних температурах є межа міцності на розтягування при розколі за температурою 0 °С. Результати випробувань витриманих протягом 28 діб зразків укріпленої і стабілізованої фрезерованої суміші з добавкою NTS наведено на рис. 1.

Залежність міцності на стиск зразків ґрунту з 8% цементу та 1% NTS від часу твердіння

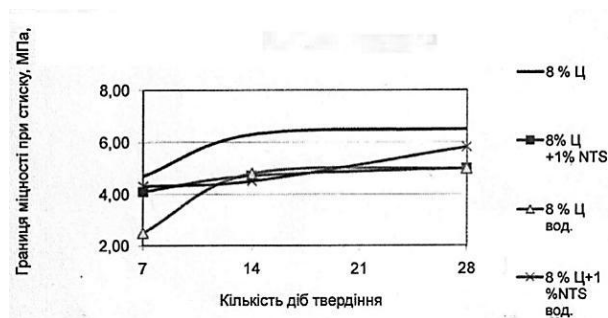


Рис. 1. Вплив часу твердіння на міцність зразків укріпленого ґрунту

Із залежності видно, що міцність стабілізованих і витриманих протягом 28 діб зразків укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші з полімерною добавкою більш інтенсивно зростає при збільшенні цементу від 4 до 6%. З подальшим збільшенням кількості цементу міцність зразків не збільшується. Можна припустити, що зі збільшенням вмісту полімерної добавки за абсолютним значенням більш чітко проявляється пластифікувальний ефект. І замість очікуваного зростання міцності на розтягування при розколі спостерігається зворотний ефект. Менша міцність на розтягування при розколі свідчить про менші напруження, що виникають в матеріалі при його навантаженні за від'ємних температур, що опосередковано може свідчити про його більшу температурну тріщиностійкість. Фізико-механічні показники укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші з різною кількістю цементу наведено в табл. 4.

Показники міцності, отримані в результаті випробувань на стиснення зразків ґрунту з цементом та полімерною добавкою NTS, покращуються в процесі твердіння (рис. 1).

Тобто, при забезпеченні нормативних умов за вологістю, належного ущільнення та твердіння шару укріпленого ґрунту тільки з цементом набирає до 60% міцності протягом перших 7 діб, а ґрунт з цементом та добавкою NTS – до 90%.

Після 28 діб твердіння міцність неводонасичених зразків з 8% цементу та 1% NTS складала 5,6 МПа, водонасичених – 5,8 МПа.

Залежність міцності на стиснення зразків після 28 діб твердіння з різною кількістю цементу та NTS наведено на рис. 2. Найбільші значення міцності у водонасиченому стані мають суміші ґрунту, укріпленого 8% цементу та 1% NTS.

Показники міцності зразків з різною кількістю цементу свідчать про те, що наявність 1% полімерної добавки покращило показники міцності приблизно на 16% у водонасиченому стані в порівнянні зі зразками, укріпленими тільки цементом.

Про це також свідчать значення коефіцієнта водонасичення, наведені на рис. 3. Показники коефіцієнта водонасичення зразків після 28 діб твердіння, що містять добавку NTS, при різному вмісті цементу перевищують приблизно на 30% аналогічні показники зразків, укріплених тільки цементом.

Вплив кількості цементу на міцність зразків

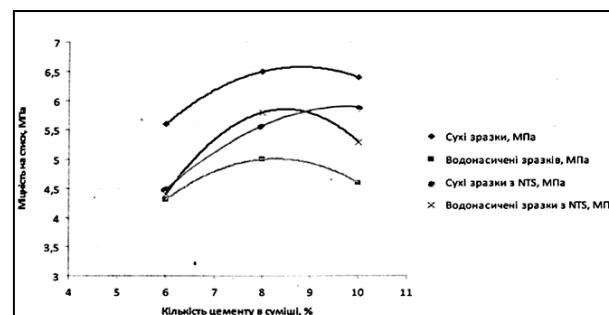


Рис. 2. Залежність показників міцності ґрунту від вмісту цементу та добавки у водонасиченому і неводонасиченому стані

Залежно від максимального розміру зерен, що містяться у вихідній фрезерованій крихті, визначали вимоги до зернового складу фрезерованого укріпленого матеріалу. Зерновий склад фрезерованого укріпленого матеріалу повинен відповідати вимогам [1].

На основі результатів дослідження зернового складу фрезерованого матеріалу встановлювали необхідність додавання нового мінерального матеріалу для оптимізації зернового складу фрезерованого укріпленого матеріалу з використанням комплексного в'язучого. Підбір зернового складу фрезерованого укріпленого матеріалу здійснювали відповідно до вимог [1] з різною кількістю цементу 4,0%, 6,0% та 8,0% для визначення оптимального вмісту цементу з урахуванням особливостей виконання робіт за методом холодного ресайклінгу.

Залежність коефіцієнта водостійкості від вмісту цементу та добавки NTS

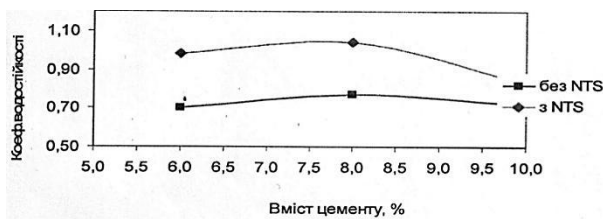


Рис. 3. Залежність коефіцієнта водостійкості укріпленого ґрунту від вмісту цементу та добавки

Для випробовування ділянки дороги, обробленої за технологією холодного ресайклінгу, на проходність військової техніки використовується ручний пенетрометр РП. За номограмою (рис. 4) визначається можлива кількість проходів машин по одній колії.

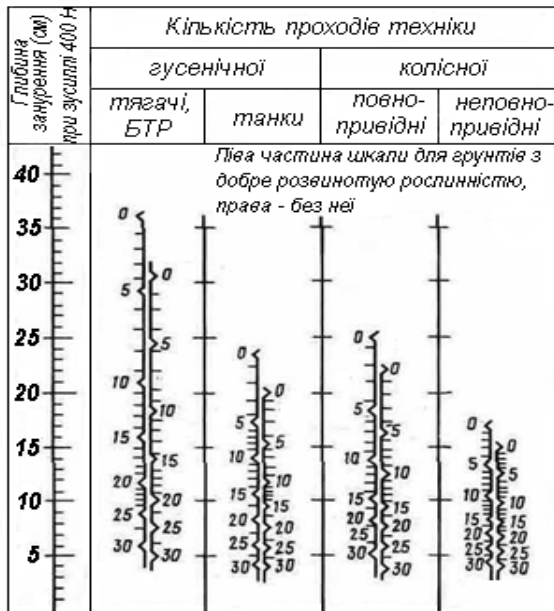


Рис. 4. Номограма визначення проходності місцевості за даними пенетрометра

Висновки

1. За результатами лабораторних досліджень зразків укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші, витриманих протягом 28 діб, встановлено, що міцність зразків з 4% цементу та 6% полімерної добавки від маси цементу відповідає марці М 40 згідно з [1]. У той же час міцність фрезерованого матеріалу, укріпленого цементом у тій же кількості 4% з додаванням бітумної емульсії, відповідає марці М 20 згідно з [1].

2. Межа міцності при стисненні за температурою 50 °С зразків з полімерною добавкою (2,45 МПа для М 20; 3,0 МПа для М 40) значно перевищує нормативне значення цього показника для фрезерованої суміші усіх марок, укріпленої цементом з

додаванням бітумної емульсії (0,8 МПа для М 20; 1,0 МПа для М 40). Це свідчить про меншу схильність матеріалу з полімерною добавкою до накопичення залишкових пластичних деформацій при високих додатних температурах у порівнянні із сумішшю з бітумною емульсією.

3. При оцінці тріщиностійкості шляхом визначення межі міцності при розколі за температурою 0 °С встановлено, що вміст полімерної добавки при кількості цементу понад 6% призводить до зменшення міцності. Менша міцність на розтягування при розколі свідчить про менші напруження, що виникають в матеріалі при його навантаженні, що опосередковано може свідчити про його більшу температурну тріщиностійкість при низьких температурах за рахунок пластифікувального ефекту при введенні добавки.

4. Водонасичення зразків укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші, що містять полімерну добавку, після 28 діб твердіння відповідає вимогам [3] для усіх марок органічно-мінеральних матеріалів.

5. Динаміка зростання міцності протягом перших 7 діб не значна, що може свідчити про уповільнення процесів структуроутворення в матеріалі за рахунок пластифікувального ефекту від полімерної добавки. У той же час при 8% цементу інтенсивність набору міцності за перші 7 діб значно вища. При цьому при 8% цементу в суміш додається і більша кількість добавки за абсолютною величиною, що і могло призвести до зміни у динаміці набору міцності. Таким чином, можна припустити, що для збільшення інтенсивності набору міцності кількість полімерної добавки повинна бути збільшена. Це, в свою чергу, може сприяти зменшенню термінів витримки матеріалу шару після холодного ресайклінгу та швидше відкрити рух транспорту на ділянці.

6. Отримані експериментальні дані показують, що фрезерований матеріал, укріплений цементом з додаванням полімерної добавки «Nanoterrasoil» замість бітумної емульсії, може бути застосований при влаштуванні шару дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу.

Список літератури

1. ВБН В.2.3-218-545:2009 Укріплення та стабілізація шарів дорожнього одягу за методом холодного ресайклінгу.
2. СОУ 42.1-37641918-127:2014 Матеріали органічно-мінеральні дорожніх одягів, виготовлені методом холодного ресайклінгу. Методи випробувань.
3. СОУ 45.2-00018112-061:2011 Суміші органічно-мінеральні дорожні з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, виготовлені за методом холодного ресайклінгу. Технічні умови.

4. ГОСТ Б В.2.1 - 2 - 96 (ГОСТ 25100 - 95) Основы та підвалини будинків та споруд. Грунти. Класифікація.
5. ВБН В.2.3-218-541:2010 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами.
6. ГОСТ Б В.2.7-89-99 Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва.
7. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, Информавтодор № 3, 2007.
8. Самойленко Ю.Н. ООО „Днепровская Ассоциация” Сасько Н.Ф. ГосдорНИИ им. Н.П. Шульгина. Стабилизаторы дорожных масс для строительства и ремонта автомобильных дорог. – К. www.star-k.com.ua/article2.php.
9. Кент Ньюман, Клиф Джил и Тим Маккэфри. Stabilization of sands by combined hydraulic cements and polymer emulsions (Стабилизация илистых песков путем комбинирования гидравлических цементов и полимерной эмульсии). Научно-исследовательский центр инженерных войск армии США, MS 39180, Висксбург.
10. ТЕХНОЛОГІЇ 14. Збірник „Дороги і мости”, вип. 16, 2016.
11. Гончаренко В.В. Застосування полімерних добавок в технології холодного ресайклінгу. Збірник „Дороги і мости”, вип. 16, 2016.

Использование полимерной добавки «Nanoterrasoil» производства Германии для стабилизации грунтов военно-автомобильных (полевых, лесных) дорог и площадок

В.Т. Климчук, А.А. Прищеп, В.Л. Совецкий

Статья посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи обоснования необходимости подготовки путей движения войск в короткий срок с соответствующими требованиями. Предлагается использовать для укрепления грунтов технологию холодного ресайклінга. В основе технологии холодного ресайклінга лежит принцип укрепления и стабилизации фрезерования смесей, что приводит к изменению свойств материалов из существующих слоев дорожного покрытия различного состава и превращение их в монолитный крепкий морозостойкий конструктивный слой дорожного покрытия. Для укрепления фрезерованного материала в качестве вяжущего применяют минеральные вяжущие (цемент, известь, активные или высокоактивные шлаки), органические вяжущие (битумные эмульсии, битумы нефтяные дорожные жидкие, битумы нефтяные дорожные вязкие) или комплексное вяжущее (минеральное и органическое вяжущее). В данной статье обоснована возможность применения полимерного стабилизатора «Nanoterrasoil» (NTS) в качестве компонента комплексного вяжущего вместе с цементом для укрепления фрезерованного материала при применении технологии холодного ресайклінга.

Ключевые слова: грунт, цемент, полимерная добавка, стабилизация, крепость.

Use of polymeric additive "Nanoterrasoil" produced by Germany for stabilization of soils of military-automotive (field, forest) roads and platforms

V. Klymchuk, O. Pryshchepa, V. Sovetskyi

The article concerns the decision of the actual scientific and applied task of substantiation of the necessity of preparing troop movements in a short time with the corresponding requirements, for which it is proposed to use the technology of cold recaikeling to strengthen the soil. The basis of cold recycling technology is the principle of reinforcement and stabilization of milled mixtures, which leads to changes in the properties of materials from existing layers of road clothes of different composition and turning them into a monolithic strong frost-resistant constructive layer of road clothing. Soil reinforcement / stabilization with the use of inorganic abrasive materials has been used in road construction for a long time, both in our country and abroad. When using this technology, the stabilization and strengthening of soils are shared. Soil stabilization makes it possible to improve the conditions of consolidation of local soils. This method makes it possible to arrange frost protection layers, and to increase the bearing capacity of ground soils. When strengthening soils, there is a significant increase in the physical and mechanical characteristics of local soils. This is achieved by introducing abrasive materials and impurities into the soil, and successively performing machining operations using ground blending and sealing machines.

This technology allows practically to avoid penetration of moisture everywhere the layer of reinforced base of road clothing to the materials of the earth's canvas, resulting in the humidity of the working layer of the earth's canvas being always less than when using traditional rubble foundations on the drainage sandy layer.

To strengthen the milling material as astringent, mineral binders (cement, lime, active or high-grade slag), organic binders (bituminous emulsions, bitumen oil road liquids, bitumen petroleum road viscous) or complex binders (mineral and organic binders) are to be used. In this paper, the feasibility of using the Nanoterrasoil (NTS) polymer stabilizer as a component of a complex binder together with cement to strengthen the milled material with the use of cold recaikeling technology was substantiated.

Keywords: soil, cement, polymer additive, stabilization, strength.