



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115843** (13) **C2**  
(51) МПК

**E01C 3/04** (2006.01)  
**E01C 7/36** (2006.01)  
**E02D 3/12** (2006.01)  
**C09K 17/40** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

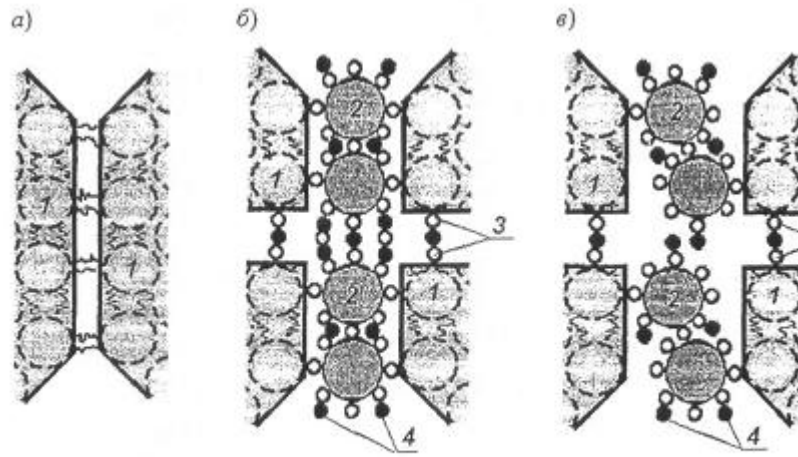
|  |   |
|--|---|
| <p>(21) Номер заявки: <b>а 2016 12540</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>09.12.2016</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>26.12.2017</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>25.05.2017, Бюл.№ 10</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>26.12.2017, Бюл.№ 24</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Плугін Андрій Аркадійович (UA),<br/>Трикоз Людмила Вікторівна (UA),<br/>Савчук Валентина Юріївна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):<br/><b>УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ<br/>УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО<br/>ТРАНСПОРТУ,</b><br/>пл. Фейербаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:<br/>UA 58654 U, 26.04.2011<br/>UA 102551 U, 10.11.2015<br/>RU 2094560 C1, 27.10.1997<br/>CN 102392403 A, 28.03.2012<br/>KR 100854036 B1, 26.08.2008<br/>WO 0049229 A1, 24.08.2000<br/>FR 2733774 A1, 08.11.1996</p> |
|--|---|

**(54) ЗМІЦНЕНА ҐРУНТОВА КОМПОЗИЦІЯ**

**(57) Реферат:**

Винахід стосується будівництва, а саме зміцнення ґрунтових матеріалів з використанням відходів, які можуть бути застосовані для будівництва споруд, у тому числі влаштування основ автомобільних і залізничних доріг, при прокладенні інженерних комунікацій, заповненні траншей та виїмок різної конфігурації в ґрунтах, майданчиків різного призначення, в підземному будівництві тощо. Об'єктом винаходу є зміцнена ґрунтова композиція, що містить ґрунт, металургійний шлак і добавку. При цьому як добавка використовується активний мул станцій біологічного очищення стічних вод. Використанням цих компонентів досягається збільшення міцності композиційного матеріалу при стиску без використання кондиційних високовитратних в'язучих (цементу, вапна), зниження витрат кондиційного ґрунту та відповідне зниження вартості закріплення, розширення сировинної бази для отримання матеріалу, можливість вторинного використання укріпленого ґрунту без його вивезення та утилізації.

UA 115843 C2



Фиг. 1

Винахід стосується будівництва, а саме зміцнення ґрунтових матеріалів з використанням відходів, які можуть бути застосовані для будівництва споруд, у тому числі влаштування основ автомобільних і залізничних доріг, при прокладенні інженерних комунікацій, заповненні траншей та виїмок різної конфігурації в ґрунтах, майданчиків різного призначення, в підземному будівництві тощо.

У теперішній час у світовій практиці накопичено певний досвід поліпшення властивостей ґрунтів для їх подальшого використання шляхом уведення неорганічних або органічних закріплюючих компонентів. Виходячи з економічних міркувань найбільше застосування в будівельній практиці матимуть композиційні матеріали на основі ґрунтів, у яких дефіцитні й відносно дорогі в'язучі та добавки до них використовуються в мінімальних обсягах, а основну частину складають ті або інші відходи та побічні продукти промислових підприємств. Одним з таких відходів є активний мул станцій біологічного очищення, проблема утилізації якого є досить актуальною для великих міст. Іншим відходом, проблема утилізації якого є більш масштабною, є металургійні шлаки, відсоток застосування яких при будівництві та виробництві будівельних матеріалів є ще незначним.

Відома суміш з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплена цементом [1]. Ця суміш виготовляється у змішувальній установці або пересувним ґрунтозмішувачем безпосередньо на дорозі зі щебеню (або гравію, піску, відходів промисловості, ґрунту) шляхом змішування з цементом і водою, а при потребі з поверхнево-активною речовиною. Також відома, органо-шлако-мінеральна суміш, яку отримують на основі фрезерованого матеріалу (верхні шари існуючих доріг) з додаванням гранульованого доменного шлаку, кам'яних матеріалів (щебінь, гравій, відсів дроблення, металургійні шлаки), які укріплені органічним і неорганічним в'язучим шляхом змішування їх на місці виконання робіт [2].

Недоліком даних сумішей є необхідність використання високомарочного цементу для забезпечення необхідної міцності матеріалу, а також потреба у висококондиційних мінеральних ґрунтах. Для зниження собівартості та матеріалоємності таких сумішей повністю замінюють цемент шлаком. Згідно [3] з композицією для улаштування основ дорожніх одягів на основі укріплених суглинних фунтів містить ґрунт, шлак, воду при такому співвідношенні компонентів, мас. %: шлак 10-90, ґрунт 90-10, вода (понад). Указані в цьому патенті дуже широкі межі коливання співвідношення компонентів не дозволяють застосовувати цю композицію без попереднього підбору її оптимального складу для різних за гранулометричним складом ґрунтів. Також недоліком є низька міцність отриманого матеріалу, яка дорівнює 3,44 МПа у віці 28 діб.

Відома [4] композиція для улаштування основ автомобільних доріг і наземних споруд, що містить природний ґрунт, в'язуче та лужний активатор з рН не менше 11. Як природний ґрунт композиція містить дисперсний мергель, як в'язуче - шлам підготовки вапняного молочка теплоелектростанцій або дисперсний відвальний шлак чорної металургії або їх суміш у співвідношенні 1:9-9:1. Як лужний активатор композиція містить принаймні один компонент із групи: стічні води виробництва епоксидних смол лакофарбової промисловості, стічні води оздоблювального виробництва текстильних фабрик, відхід коксохімічного виробництва, що утворюється на стадії регенерації у вакуумі розчинів очищення коксового газу, відхід крекінгу нафти, що утворюється на стадії очищення газів, лужний стік, що утворюється на стадії уловлювання газоподібного хлору за допомогою NaOH, вапняне молочко шламу хімводоочищення, розчин NaOH. Недоліком вказаної композиції є обмеженість її застосування тільки для дисперсного мергелю, а не для широкого кола різних ґрунтів. Також застосування великої кількості шлаку (45 %) при кількості мергелю 50 % не дає великої міцності композиції (1,9 МПа на 28 добу при водостійкості 0,85), що зменшує можливості утилізації цього відходу у великих обсягах. Крім того, складність застосування перелічених відходів як лужних реагентів полягає у непередбачуваності їх хімічного складу, що потребує проведення додаткових випробувань для підбору співвідношення компонентів композиції.

Відома [5] композиція для зміцнення ґрунтів, що містить ґрунт і модифікуючу добавку, яка складається з нафтошлему й негашеного вапна. Твердий нафтошлем має такий склад, мас. %: асфальтосмолисті речовини 5-13, парафіни 18-40, вуглеводи 4-6, механічні домішки 35-60, вода 2-12. Недоліком є низька міцність на стиск у віці 28 діб (3,1 МПа), а також застосування енерговитратного лужного активатора - негашеного вапна.

Відома [6] композиція для влаштування основ дорожніх одяг та споруд, що містить цемент, шлам хімводоочищення ТЕЦ і, при необхідності, воду для забезпечення необхідної вологості (оптимальної для ущільнення), пісок при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: пісок 57-82, цемент 6-12, шлам хімводоочищення ТЕЦ (на сухе) 12-30. Композиція також містить полімерно-мінеральну добавку на основі лігніну, що має пластифікуючу дію та сповільнює тужавіння суміші. Недоліком цієї композиції є необхідність використання висококондиційного

цементу (12 % для досягнення міцності 6,47 МПа) та використання полімерно-мінеральної добавки, що також збільшує вартість закріплення ґрунту.

Відома [7] ґрунтова суміш, яка містить глинисті ґрунти, гідравлічне в'язуче, воду і водорозчинний поліелектроліт при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: глинистий ґрунт 67,0-85,0; портландцемент 4,0-10,0; водорозчинний поліелектроліт 0,01-0,02; вода решта. Як водорозчинний поліелектроліт використовували синтетичні поліелектроліти з молекулярною масою 500-15000, переважно у вигляді суміші катіонних і неіоногенних високомолекулярних речовин при їх співвідношенні 1: 3+1: 10 відповідно. Як катіонний поліелектроліт можуть використовуватися полімери, що містять катіонні групи  $-\text{NH}_2$ ,  $=\text{NH}$ . Як неіоногенний поліелектроліт можуть використовуватися полімери, що містять неіоногенні групи:  $-\text{OH}$ ,  $=\text{CO}$ . Недоліком цієї суміші є необхідність використання висококондиційного цементу (4 % для досягнення міцності 5,9 МПа), а також використання синтетичних полімерів, які є джерелами забруднення навколишнього середовища як під час їхнього виробництва, так і під час використання. Указані водорозчинні поліелектроліти можуть вимиватися ґрунтовими водами та призводити до погіршення екологічної ситуації навколо будівництва.

Відомий [8] склад для влаштування основи автомобільних доріг, що містить гранульований доменний шлак, неорганічну добавку, воду і ґрунт як заповнювач. Як неорганічну добавку склад містить хлорид магнію або алюмінію, або заліза, або калію, або натрію, або кальцію, або амонію, або їх суміші. Недоліком заявленого складу є низька міцність на 28 добу (5,2 МПа). Крім того, перелічені іони металів мають комплексоутворюючу дію, а отже утримують велику кількість води у вигляді гідратованих молекул. Це призводить до підвищення водопроникності складу та зниження його морозостійкості.

Найбільш близьким до винаходу, що заявляється, є композиція для укріплення зв'язних ґрунтів [9], яка містить ґрунт - суглинок оптимальної вологості, вапно - 10 % від маси композиції, доменний шлак - 30 % від маси ґрунту, домішку "Релаксол" - 1,5 % від маси вапна. Недоліками прототипу є: необхідність використання як лужного активатора енерговитратного вапна та промислової домішки "Релаксол", що збільшує вартість закріплення ґрунту. Також у цій суміші недостатньо використовуються відходи виробництва і досягається низька міцність навіть на 90 добу твердіння - 4,2 МПа.

В основу винаходу поставлена задача створення нового будівельного матеріалу, що забезпечує підвищену несучу здатність ґрунту, розширення сировинної бази для його отримання з одночасним покращенням екологічної ситуації в містах, забезпечення можливості вторинного використання укріпленого ґрунту.

Поставлена задача вирішується тим, що зміцнена ґрунтова композиція містить ґрунт, металургійний шлак і добавку, причому як добавка використовується активний мул станцій біологічного очищення стічних вод при такому співвідношенні компонентів, мас. %: ґрунт - 30, %; металургійний шлак - 40, %; активний мул - 30, %. Це дозволяє отримати технічний результат, виражений у збільшенні міцності композиційного матеріалу на стиск без використання кондиційних високовитратних в'язучих (цементу, вапна), зниженні витрат кондиційного ґрунту та відповідно зниженні вартості закріплення, розширенні сировинної бази для отримання матеріалу, можливості вторинного використання укріпленого ґрунту без його вивезення та утилізації.

Об'єктом винаходу є зміцнені ґрунтові матеріали з використанням відходів - металургійних шлаків та активного мулу станцій біологічного очищення стічних вод.

Між суттєвими ознаками винаходу та технічним результатом, що досягається, існує наступний причинно-наслідковий зв'язок.

Активний мул - продукт біологічного очищення промислових і господарчо-побутових стічних вод, що є колоїдно-дисперсною системою, яка складається з комплексу мікроорганізмів з адсорбованими на них органічними і неорганічними речовинами. Хімічний склад неорганічної частини наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

| Хімічний склад мінеральної частини активного мулу, % до абсолютно сухої речовини |                                |                                |      |        |                  |                   |                 |   |
|--|--------------------------------|--------------------------------|------|--------|------------------|-------------------|-----------------|---|
| SiO <sub>2</sub>   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO    | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> | ZnO+CuO++NiO+Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 7-35   | 7-27                           | 7-20                           | 8-17 | 1,6-11 | 0,5-4            | 1,5-8,5           | 1,5-7           | 0-6   |

Тобто, неорганічна частина має склад, ідентичний хімічному складу більшості металургійних шлаків.

До активного мулу входить також 30-50 % органічної складової. Це в основному полісахариди (понад 50 %), білкова складова - протеїни (20 %), нуклеопротеїни (28 %). Білки є амфотерними поверхнево-активними речовинами (ПАР) за рахунок здатності функціональних груп  $-COOH$ ,  $-NH_3OH$  в залежності від рН по різному дисоціювати і утворювати за низьких рН органічний катіон ( $R-COOH \rightarrow R-CO^+ + OH^-$ ;  $R-NH_3OH \rightarrow R-NH_3^+ + OH^-$ ), а за високих рН - аніон ( $R-COOH \rightarrow R-COO^- + H^+$ ;  $R-NH_3OH \rightarrow R-NH_3O^+ + H^+$ ). У присутності шлаку (основного), з якого в результаті гідратації виділяється вапно, білки та, відповідно, активний мул набувають властивості аніонного ПАР і здатності адсорбуватись на позитивно заряджених поверхнях часток вапна, карбонатних складових ґрунту. Це дозволяє застосувати активний мул як іоногенну поверхнево-активну речовину з метою підвищення міцності ґрунтових матеріалів.

Суть винаходу пояснюється схемами, на яких зображено:

фіг. 1. Схема контактів в структурі неукріпленого (а) та укріпленого (б, в) ґрунту з оптимальною (б) та неоптимальною (в) структурою: 1 - агрегати частинок ґрунту; 2 - частинки шлаку; 3 - частинки гідроксиду кальцію; 4 - частинки активного мулу;

фіг. 2. Застосування винаходу за прикладом 1;

фіг. 3. Застосування винаходу за прикладом 1;

фіг. 4. Застосування винаходу за прикладом 2;

фіг. 5. Застосування винаходу за прикладом 2.

У звичайному стані частинки ґрунту утримуються в агрегатах, а агрегати між собою капілярними та молекулярними силами (фіг. 1, а). Після уведення шлаку та активного мулу в результаті гідратації шлаку утворюється деяка кількість гідроксиду кальцію, який утворює з агрегатами частинок ґрунту і частинками активного мулу певну кількість електрогетерогенних контактів (фіг. 1, б, в). Уведення аніонноактивної ПАР сприяє також пептизації - руйнуванню агрегатів ґрунту і утворенню контактів між окремими частинками (фіг. 1, б, в).

Кристалогідрати гідроксиду кальцію та колоїдні частинки активного мулу мають розмір на порядок менший, ніж у частинок шлаку. Отже, розміщуючись у поровому просторі між частинками шлаку, частинки гідроксиду кальцію та активного мулу формують оптимальну структуру ґрунтової композиції (фіг. 1, б), ущільнюючи її та підвищуючи міцність. При цьому контакти між частинками різних розмірів забезпечуються у тому числі електрогетерогенними взаємодіями. Крім того, адсорбована ПАР утворює на гідрофільних мінеральних частках гідрофобні оболонки, зменшуючи водопроникність та збільшуючи морозостійкість кінцевого ґрунтового матеріалу.

Активний мул за певних умов (дисоціації карбоксильних груп і аміногруп білків з утворенням гідроксильних іонів) може бути лужним активатором твердіння шлаку. З часом міцність матеріалу збільшується, що є типовим для всіх шлаковмісних матеріалів.

Вказані процеси і реакції перетворюють ґрунт, у результаті чого виникає ґрунтовий матеріал з новими будівельними властивостями.

Для визначення характеристик ґрунтової композиції, що заявляється, були виготовлені зразки-куби із різним співвідношенням компонентів (табл. 2). У різні терміни (7, 14, 28 та 90 діб) було визначено міцність на стиск згідно з ДСТУ Б В.2.7-214. У таблиці 2 наведено порівняльні характеристики прототипу та композицій за винаходом. Додатково було визначено водостійкість за ДСТУ Б В.2.7-45, яка становить 0,87 для серії №4.

Таблиця 2

Склад композиції та міцність зразків

| № серії  | Кількість компонентів, мас. % |      |              |       |          | Міцність при стиску, МПа, зразків у віці, діб |     |     |     |
|----------|-------------------------------|------|--------------|-------|----------|---|-----|-----|-----|
|          | Ґрунт                         | Шлак | Активний мул | Вапно | Релаксол | 7   | 14  | 28  | 90  |
| 1        | 45                            | 10   | 45           | -     | -        | 1,1   | 1,2 | 2,3 | 3,9 |
| 2        | 40                            | 20   | 40           | -     | -        | 1,2   | 2,2 | 3,3 | 4,6 |
| 3        | 35                            | 30   | 35           | -     | -        | 1,4   | 3,3 | 5,2 | 5,5 |
| 4        | 30                            | 40   | 30           | -     | -        | 1,9   | 3,3 | 7,3 | 7,4 |
| 5        | 25                            | 50   | 25           | -     | -        | 1,5   | 2,6 | 6,2 | 6,8 |
| Прототип | 60                            | 30   | -            | 10    | 0,15     | 1,6   | 2,7 | 3,9 | 4,2 |

Як бачимо, співвідношення компонентів у серії № 4 є оптимальним для досягнення найбільшої міцності композиції, що відповідає марці М75 за [1]. Відхилення співвідношення в

більший або менший бік призводить до зменшення міцності. Це пояснюється утворенням неоптимальної структури матеріалу за схемою на фіг. 1, в.

Виготовляють композицію, що заявляється, безпосередньо в місці виробництва будівельних робіт шляхом змішування компонентів у стаціонарних змішувальних установках або за допомогою фрези способом ресайклінгу [2]. Здійснення винаходу пояснюється прикладами.

Приклад 1. Знімають верхній шар ґрунту у місці улаштування будівельного майданчика. Вологоміром визначають його вологість. У даному прикладі вона становила 5 %. Потім майданчик трамбує катком не менше двох разів. Повертають знятий ґрунт за допомогою ресайклера, який фрезерує й розпушує ґрунт, одночасно змішуючи його з активним мулом та шлаком. Склад композиції відповідав серії № 4 з таблиці 2. Отриману рівномірну суміш зволожують водою до оптимальної вологості (10-12 %), а потім ущільнюють традиційними методами (фіг. 2, 3).

Приклад 2. Цей приклад відрізнявся тим, що запропонована композиція використовувалася для засипки труб підземних комунікацій. Після розробки траншеї та прокладки труб замість кондиційного піску здійснювали засипку композицією із відвального ґрунту, який змішували з активним мулом та шлаком у змішувальних установках (фіг. 4, 5). Склад композиції відповідав серії № 4 з таблиці 2. Заміна кондиційного піску дозволила знизити собівартість будівництва.

Посилання:

1. 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. К.: Укравтодор, 2013. - 43 с.

2. ВБН В.2.3-218-537:2008. Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу методом ресайклінгу з використанням гранульованих доменних шлаків. К.: Укравтодор, 2008. - 13 с.

3. Пат. 102551 Україна: МПК E01C 21/00, E01C 7/00. Композиція для улаштування основ дорожніх одягів на основі укріплених суглинних ґрунтів. Заявка № и201502893. Винахідник та патентовласник: Черногіль Віталій Богданович (UA). - Опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21.

4. Пат. 2114238 Рос. Федерация: МПК E01C 3/04, E01C 7/36, E02D 3/12. Композиция для устройства оснований автомобильных дорог и наземных сооружений. Авторы: Мымрин В.А., Волков Ф.Е., Гера Л.Н., Осипов В.И. Патентообладатель: Мымрин Всеволод Анатольевич - Опубл. 27.06.1998.

5. Пат. 2493316 Рос. Федерация: МПК E01C 7/36. Композиция для укрепления ґрунтов. Авторы. Хабибуллина Ильвера Нигматовна (RU), Бешенов Максим Евгеньевич (RU). Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный архитектурно-строительный университет" КазГАСУ (RU). - Опубл. 20.09.2013.

6. Пат. 2520118 Рос. Федерация: МПК: E01C 3/04, E02D 3/12, C09K 17/10. Композиция для устройства оснований дорожных одежд и других сооружений. Авторы: Митрофанов Николай Георгиевич (RU), Панов Иван Валерьевич (RU), Румянцев Дмитрий Анатольевич (RU), Шабанова Татьяна Николаевна (RU), Зенкин Игорь Николаевич (RU). Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный архитектурно-строительный университет" (ФГБОУ ВПО "ТюмГАСУ") (RU). - Опубл. 20.06.2014.

7. Пат. 2400593 Рос. Федерация: МПК E01C 7/36. Ґрунтова смесь. Авторы: Булдаков Сергей Иванович (RU), Свиридов Владислав Владиславович (RU), Свиридов Алексей Владиславович (RU), Чудинов Сергей Александрович (RU). Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский государственный лесотехнический университет (RU). - Опубл. 27.09.2010.

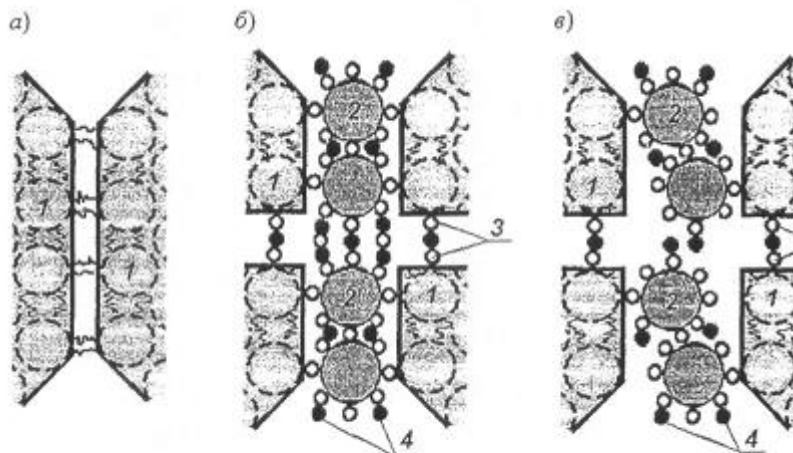
8. Пат. 2094560 Рос. Федерация: МПК E01C 3/04, E02D 3/12. Состав для устройства основания автомобильных дорог. Авторы и патентообладатели: Бабушкин Валерий Иеофитович; Кузнецов Александр Юрьевич; Петухов Олег Иванович; Расковалов Александр Михайлович. - Опубл. 27.10.1997.

9. Пат. 58654 Україна: МПК E01C 3/00, E02D 3/00, E01C 21/00, E01C 23/00. Композиція для укріплення зв'язних ґрунтів. Заявка № и201009294. Винахідники: Кожушко Валерій Петрович (UA), Грано Наталія Миколаївна (UA). Патентовласник: Сумський Національний аграрний університет (UA). - Опубл 26.04.2011, Бюл. № 8.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5 Зміцнена ґрунтова композиція, що містить ґрунт, металургійний шлак і добавку, яка **відрізняється** тим, що як добавку містить активний мул станцій біологічного очищення стічних вод, при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

|                    |        |
|--------------------|--------|
| ґрунт              | 25-35  |
| металургійний шлак | 30-50  |
| активний мул       | 25-35. |



Фиг. 1



Фиг. 2



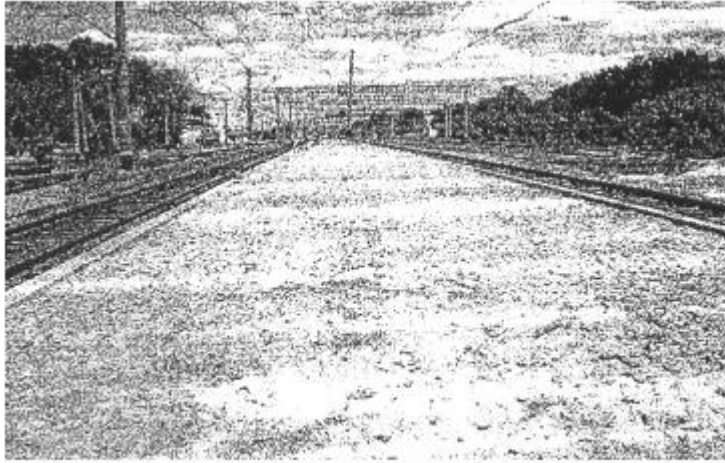


Fig. 3

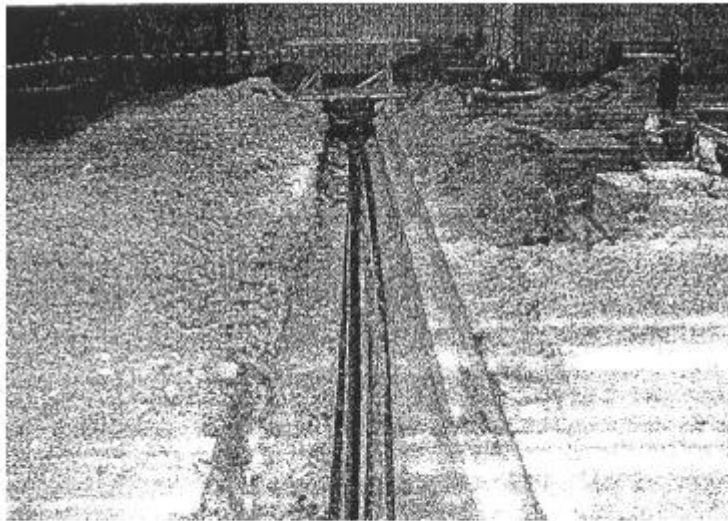


Fig. 4



Fig. 5



---

Комп'ютерна верстка О. Рябко

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601