

рики, питомих витрат води, а також збільшення продуктивності кульових млинів першої стадії збагачення та виходу концентрату.

Дослідження розробленої системи керування першою стадією збагачення руди в умовах ПАТ «Центральний ГЗК» показали такі результати: зменшується: дисперсія коливань масової частки заліза в концентраті магнітного збагачення (на 18%); вміст магнітного заліза в хвостах збагачувальної фабрики (на 5%); питомі витрати води (на 6%); збільшується: продуктивність кульових млинів першої стадії збагачення (на 3%); вихід концентрату (на 4,5%). При цьому погодинна продуктивність технологічної секції збільшилась на 3%, а витрати електроенергії на виробництво однієї тони концентрату зменшилися на 10% в порівнянні з диспетчерським керуванням.

Висновки. Отже, розв'язано актуальну наукову задачу зі встановлення причинно-наслідкової залежності технологічних змінних комплексів збагачення від фізико-механічних властивостей руд, що визначається правилами продукції вхідних і вихідних матриць мереж Петрі, а елементи матриці зміни логіко-функціональних блоків мереж Петрі визначають характер та напрямок зміни керуючих впливів на технологічний процес збагачення руд, що підвищує якість керування та якість залізородного концентрату.

Список літератури

1. **Марюта А.Н.** Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик: учебник для вузов. / **А.Н. Марюта, Ю.Г. Качан, В.А. Бунько.** – М. : Недра, 1983. – 277с.
2. **Козин В.З.** Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов / **В.З. Козин, О.Н. Тихонов.** – М. : Недра. – 1990. – 343 с.
3. **Моркун В.С.** Адаптивные системы оптимального управления технологическими процессами / **В.С. Моркун, А.А. Цокуренко, И.А. Луценко.** – Кривой Рог : Минерал, 2005. – 261 с.
4. **Хорольський В.П.** Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу. Монографія / Під редакцією В.П. Хорольського, Дніпропетровськ : Січ, 2008.-448 С.
5. **Купін А.І.** Обґрунтування використання технологій штучного інтелекту для управління технологічним процесом збагачення магнетитових кварцитів / **А.І. Купін** // Вісник Криворізького технічного університету. – 2003. – №1. – С. 51 – 55.
6. **Питерсон Дж.** Теория сетей Петри и моделирование систем / **Дж. Питерсон.** – М. : Мир, 1984. – 160 с.
7. **Хорольський В. П.** Дослідження інформативності параметрів збагачення руди при побудові інтелектуальних систем управління / **Є. К. Бабець, В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна** // Вісник Криворізького технічного університету : збірник наукових праць. – Кривий Ріг. – 2006. – № 13. – С. 55 – 59.
8. **Хоцкіна В. Б.** Автоматизація процесів керування технологічним комплексом збагачення залізних руд з використанням моделей мереж Петрі : автореф. дис. канд. техн. наук / **В. Б. Хоцкіна.** – Кривий Ріг, 2012. – 19 с.

Рукопис подано до редакції 21.02.13

УДК 624.137

Р. О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., О. Б. НАСТИЧ, канд. техн. наук,
В. В. ХВОРОСТ, асистент, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

РОЗРАХУНОК ПІДПІРНИХ СТІН КУТНИКОВОГО ТИПУ З ПОРОЖНИНАМИ В СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Наведено основні принципи розрахунку підпірних стін спеціального типу та їх конструктивні особливості.

За експертними оцінками 90 % площі території України характеризується складними інженерно-геологічними умовами, погіршених впливом природних та техногенних факторів [0,0,0].

Для промислових міст техногенне навантаження на геологічну середу на декілька порядків вище інших міст. Зустрічаються незручні сполучення підроблювальних територій з просідними ґрунтами, підтримання забудованих житлових масивів, промислових територій. Тому на стадії проектування, детального проектування, детального планування з метою комплексного захисту населених пунктів, промислових об'єктів інженерних комунікацій з визначеним рівнем безпеки і захисту необхідно використовувати інженерні споруди спеціального призначення.

На підроблюваних територіях і просідних ґрунтах при складних деформаціях основи не завжди можливо використати відомі технічні рішення так як вони непридатні до цих умов роботи. Існуючі конструкції підпірних стін не розраховані на додаткові зусилля від горизонтального зсуву чи вертикального переміщення ґрунту, що викликає концентрацію в нижній частині

лицьової плити і звісно приводить до руйнування конструкції.

Підпірні стінки спеціального типу відносяться до будівництва, зокрема, до зведення підпірних стінок, що використовують для стабілізації нестійких схилів та укосів, а також на підроблювальних територіях чи просідних ґрунтах.

Задачею підпірної стінки спеціального типу є удосконалення збірної залізобетонної підпірної стінки кутникового типу шляхом формування контактних поверхонь з порожнинами на лицьовій плиті збоку ґрунту, що дозволяє знизити контактні напруги на поверхні підпірної стінки за рахунок повного використання виникаючих на них сил тертя й утворення рівномірно ущільненого ґрунту з високим рівнем тиску всіх контактуючих із ґрунтом призматичних ділянок підпірної стінки [0].

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що збірна залізобетонна підпірна стінка кутникового типу складається з лицьової та фундаментної плит. Відповідно до підпірної стінки спеціального типу на вертикальній поверхні лицьової плити, збоку дії ґрунту засипки, розміщуються опорні частини та порожнини, що чергуються, при цьому порожнини виконані у вигляді зрізаних пірамід однакового розміру, спрямованих більшою основою убік ґрунту.

Для зниження діючих сил тертя бічні грані порожнин покриті антифрикційним шаром.

Для ущільнення ґрунту засипки біля приопорних і опорних ділянок на контурних поверхнях опорних частин між порожнинами і ґрунтом розміщений лист пружно-податливого матеріалу.

Підпірна стінка спеціального типу ілюструється рисунками, де на рис. 1 зображено підпірну стінку зі збірних частин; на рис. 2 - фрагмент *A* рис. 1; на рис. 3 - перетин *A-A* рис. 2; на рис. 4 - фрагмент *B* рис. 1.

Підпірна стінка спеціального типу містить опорні частини *1*; фундаментну плиту *2*, лицьову плиту *і*, що має порожнини *4* у напрямку зрушуючої дії ґрунту. Ґрунт засипки *5*, спрямований у порожнині *4*, що мають форму зрізаних пірамід, з основами *б* і бічними гранями *7*. Бічні грані *7* і порожнини *4* складають фактичні бічні поверхні опорних частин *1*. Грані *7* утворюють ребра *8* в площині основ *б*, що складають огинаючу поверхню опорних частин *1*. На вертикальних огинаючих поверхнях опорних частин *1*, між гранями *5* і порожнинами *4*, може бути розміщений лист пружно-податливого матеріалу *9*. Ґрунт *5*, спрямований у порожнині *4*, контактує з бічними поверхнями опорних частин *1* опорними призматичними ділянками *10* бічних граней *7* порожнин *4*. На поверхні опорних частин може бути виконаний антифрикційний шар *11*, що розміщений на бічній поверхні підпірної стінки.

Підпірна стінка спеціального типу реалізує себе таким чином. Відносно, вертикально побудованих огинаючих площин опорних частин *1* лицьової плити *3* підпірні стінки, навантаження, що діють в звичайних інженерно-геологічних умовах, являють собою активний бічний тиск ґрунту *5* зворотнього засипання. При цьому підпірна стінка знаходиться в стійкому рівноважному положенні, а площини опорних призматичних ділянок *10* пропорційні по глибині величинам ординат бічного тиску, з розрахунком досягнення на контактні таких граничних опорів ґрунту *5*, при яких зберігається його статично врівноважене положення. В умовах виявлення дій вимушених горизонтальних зсувів ґрунту, звичайні навантаження по фронту переміщення ґрунту *5* трансформуються в лобовий пасивний тиск, а по напрямку переміщення викликають бічне тертя, причому у всіх випадках прикладаються до окремих опорних частин *1* під кутом і по величині значно більше звичайного активного тиску ґрунту *5*. При цьому збільшення контактного тиску на опорних призматичних ділянках *10* вище граничних значень у статиці неможливо і також призводить до того, що ґрунт *5*, що насувається на контактні, пластично руйнується і вільно переміщується в порожнині *4*, доти, поки виявляються деформаційні впливи. Форма порожнин (зрізана піраміда) обумовлена тим, що вона є найбільш ефективною для ущільнення ґрунту. Ґрунт, потрапляючи в порожнину в районі нижньої основи піраміди і проходячи шлях до її верхньої основи, мимовільно ущільнюється. Після цього контактний тиск знижується до початкового рівня, тобто фактична зовнішня поверхня підпірної стінки обумовила роботу конструкції з постійним опором зусиллям, що зрушують, нестійких схилів і укосів, що насуваються.

З огляду на характер роботи підпірної стінки спеціального типу, необхідне підсилення її конструкції по параметру сумарного горизонтального навантаження, що виникає на площині лицьової плити підпірної стінки від зсуву ґрунту, даний параметр впливає на коефіцієнт запасу по контактній площі, що враховує можливі зміни розрахункових силових навантажень, і визна-

часться за формулою, що отримана виходячи з проведених експериментів і обробки експериментальних даних:

$$T = \frac{f \cdot R \cdot S}{2} \left[1 + m \frac{1 + \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{f} \right)}{4} \right], \quad (1)$$

де T - сумарне горизонтальне навантаження, що виникає на площині лицьової плити підпірної стінки від зсуву ґрунту; R - гранична несуча здатність ґрунту засипки, при якій встановлюється і зберігається статична рівновага підпірної стінки; S - фактична контактна площа опорних призматичних ділянок; f - коефіцієнт тертя між ґрунтом і опорними призматичними ділянками; α - кут, утворений обгинаючою площиною опорних частин та дотичною площиною, що проведена до поверхні призматичних ділянок на висоті h ; m - коефіцієнт переведення контактних тисків у їх проекцію на вісь, яка паралельна до огинаючої поверхні опорних частин.

Гранична несуча здатність ґрунту засипки, при якій встановлюється і зберігається статична рівновага підпірної стінки спеціального типу запропонованої конструкції визначається за формулою, що отримана виходячи з проведених дослідів і обробки експериментальних даних

$$R = \frac{2N}{nS \left[1 + (\cos \alpha + f \sin \alpha) \right]}, \quad (1)$$

де R - гранична несуча здатність ґрунту засипки, при якій встановлюється і зберігається статична рівновага підпірної стінки; N - зовнішнє нормальне навантаження відносно огинаючих поверхонь опорних частин, що діє горизонтально; n - коефіцієнт переведення контактних тисків у їх проекцію на нормальну вісь до огинаючої поверхні опорних частин; S - фактична контактна площа опорних призматичних ділянок; α - кут, утворений обгинаючою площиною опорних частин та дотичною площиною, що проведена до поверхні призматичних ділянок на висоті h ; f - коефіцієнт тертя між ґрунтом і опорними призматичними ділянками.

Тоді визначення об'єму порожнин здійснюється за формулою, що відбиває залежність об'єму порожнин від величини зовнішнього нормального навантаження від горизонтального зрушення ґрунту

$$V = \frac{2\omega_\phi \cdot N \cdot H (K(\delta + h) - h)}{n \cdot R (H - \delta - h) \left[1 + (\cos \alpha + f \sin \alpha) \right]}, \quad (3)$$

де V - об'єм порожнин; N - зовнішнє нормальне навантаження відносно огинаючих поверхонь опорних частин, що діє горизонтально; R - гранична несуча здатність ґрунту засипки, при якій встановлюється і зберігається статична рівновага підпірної стінки; H - повна глибина порожнин; h - глибина впровадження ґрунту в порожнини; δ - абсолютна величина вимушеного зсуву ґрунту засипки у розглянутій точці; S - фактична контактна площа опорних призматичних ділянок; K - коефіцієнт запасу по контактній площі, який враховує можливі зміни розрахункових силових навантажень; f - коефіцієнт тертя між ґрунтом і опорними призматичними ділянками; ω_ϕ - узагальнений коефіцієнт обліку форми об'єму призматичних ділянок і їх площі проекції по огинаючих поверхнях опорних частин; n - коефіцієнт переведення контактних тисків у їх проекцію на нормальну вісь до огинаючої поверхні опорних частин; α - кут, утворений обгинаючою площиною опорних частин та дотичною площиною, що проведена до поверхні призматичних ділянок на висоті h .

Визначальний параметр ω_ϕ отриманий у результаті чисельного моделювання для різних геометричних співвідношень H, h, δ, α з урахуванням незмінних фізико-механічних властивостей ґрунту.

Для бічних площин опорних частин l коефіцієнт запасу приймається близьким до одиниці.

Антифрикційний шар ll на бічних гранях 7 порожнин 4 призначений, для зменшення сил лобового опору, що особливо необхідно для захисту підпірних стінок від вимушених горизонтальних переміщень ґрунту 5 засипки. У запропонованому рішенні лобові навантаження знижуються до відомо низької границі за рахунок раціонального розкладання сил бічних граней 7 порожнин 4 , завдяки їх формі, у вигляді зрізаних пірамід, відповідно коефіцієнту тертя антиф-

риктийного шару 11, що забезпечує вільне переміщення ґрунту 5 у глибину порожнин 4 і віддалення його від напружених опорних призматичних ділянок 10.

Лист пружно-податливого матеріалу 9 призначений для забезпечення на початкових стадіях навантаження попереднього обтиснення пухкого верхнього шару ґрунту 5 засипки, для забезпечення збереження порожнин 4 на бічних зовнішніх поверхнях опорних частин 1 у період здійснення зворотного засипання ґрунту 5, а також у ряді випадків для конструктивної організації антифрикційного шару 11.

Порожнини 4 можуть бути різної глибини, замкнутими чи відкритими, розімкнутими. Основи 6 порожнин 4 можуть мати форму з різною кількістю сторін, що стикаються один з одним. Антифрикційний шар 11 може бути виконаний у виді масляних розчинних сумішей чи комплексних складів, наприклад, бітумізованих емалей, а також у виді листових чи плівкових матеріалів. Антифрикційний шар 11 може бути виконаний на бічних гранях 7 по всій поверхні цілком чи частково. Лист пружно-податливого матеріалу 9 може бути виконаний з матеріалу, що самознищується згодом чи розтягується під впливом масиву ґрунту, що переміщується. Лист пружно-податливого матеріалу 9 може виконувати функцію антифрикційного шару 11. Крім цього, антифрикційний шар 11 при виготовленні опорних частин 1 може виконувати функцію конструктивної формотворної опалубки.

У початковий період зведення опорної стінки, тобто якщо зовнішнє нормальне навантаження має мінімальне чи «нульове» значення, фактична контактна площа S опорних призматичних ділянок 10 і глибина h проникнення ґрунту 5 у порожнині 4 також мінімальні, а фактичний тиск у контакті по величині наближається до несучої здатності ґрунту засипки при даному ступені ущільнення ґрунту. У процесі експлуатації підпірної стінки навантаження N пропорційно зростає, а разом з цим збільшується і глибина проникнення h , і фактична контактна площа S опорних частин 1.

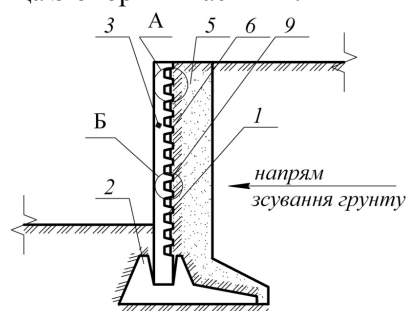


Рис. 1. Підпірна стінка спеціального зі збірних частин

Підпірна стінка спеціального типу може бути використана для стабілізації нестійких схилів і укосів, а також на підроблювальних територіях з горизонтальним переміщенням ґрунту, при цьому фундаментна плита може бути уніфікованою конструкцією, а застосування запропонованої лицьової плити, забезпечить надійну роботу даного спорудження.

Підпірна стінка спеціального типу відрізняється високою надійністю експлуатації в критичній ситуації непередбаченого аварійного зростання силового навантаження. Це обумовлено самою роботою конструкції, тобто зі збільшенням навантаження опорні площі призматичних ділянок увесь час зростають, а тому об'єм порожнин рано чи пізно буде цілком заповнений ґрунтом, тоді опорна площа підпірної стінки значно зростає, а середній тиск при цьому зменшиться при досягнутому ступені ущільнення. Однак після цього підпірна стінка не зможе працювати в режимі перерозподілу контактних тисків і продовжує працювати як звичайна підпірна стінка.

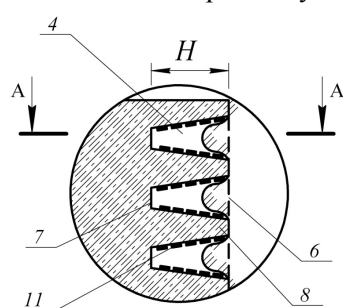


Рис. 2. Фрагмент А з рис. 1

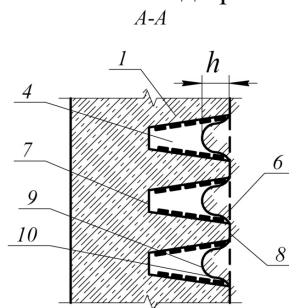


Рис. 3. Перетин А-А з рис. 2

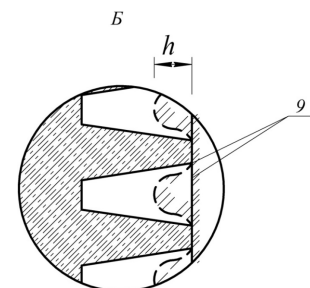


Рис. 4. Фрагмент Б з рис. 1

Другим варіантом підпірної стінки спеціального типу (рис. 5) є удосконалення підпірної стінки шляхом додавання Г-образної форми поперечному перерізу фундаментного елемента, і шляхом формування контактних поверхонь з порожнинами на вертикальному елементі збоку ґрунту, що сприяє збільшенню опору зрушенню по підшві конструкції і дозволяє знизити кон-

тактні напруги на поверхні підпірної стінки за рахунок рівномірного перерозподілу тисків у ґрунті, що насувається, крім того збільшує опір зрушенню по підшві конструкції [0].

Іншим варіантом підпірної стінки спеціального типу (рис. 6) є удосконалення монолітної підпірної стінки кутникового типу шляхом формування контактних поверхонь з порожнинами на вертикальному і фундаментному елементах збоку ґрунту, що дозволяє знизити піки контактних напружень на поверхні вертикального елемента підпірної стінки за рахунок рівномірного перерозподілу тисків у ґрунті, що насувається, збільшити опір зрушенню по підшві підпірної стінки, крім того, у випадку додаткових нерівномірних деформацій підвалини, що діють на фундаментний елемент, поліпшити її роботу, що дозволяє підпірній стінці сприймати і рівномірно перерозподіляти зусилля від складних навантажувальних при горизонтальних і вертикальних переміщеннях ґрунту [0].

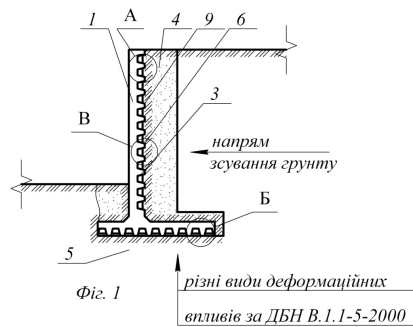
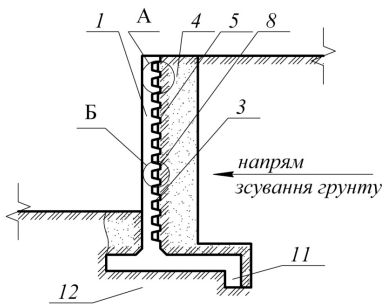


Рис. 5. Монолітна підпирна стінка спеціального типу Рис. 6. Монолітна підпирна стінка спеціального типу

Одним з варіантів підпірної стінки спеціального типу є удосконалення підпірної стінки шляхом оснащення лицьової плити контрфорсом, який розміщено збоку вільної поверхні (рис. 7) [0].

Підпирна стінка спеціального типу на рис. 7 зображена з контрфорсом у вигляді діафрагми (на рис. 8 - вид збоку), а на рис. 9 - підпирна стінка з контрфорсом у вигляді підкосу.

Ціль підпирних стінок спеціального типу - зниження матеріалоемності підпірної стінки, забезпечення міцності і стійкості зсувних схилів.

Основним завданням такої конструкції є удосконалення збірної залізобетонної підпірної стінки кутникового типу і використання її для захисту від зсувних явищ. З огляду на характер роботи підпірної стінки, необхідне посилення її конструкції за параметром сумарного горизонтального навантаження, яке виникає на площині лицьової плити підпірної стінки від зсуву ґрунту.

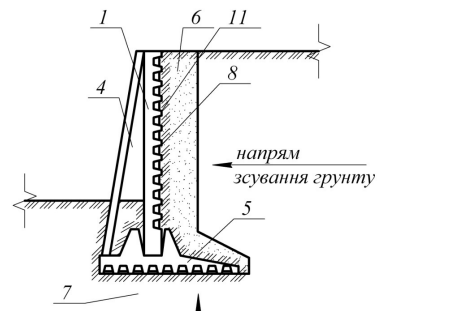
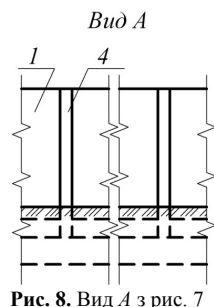
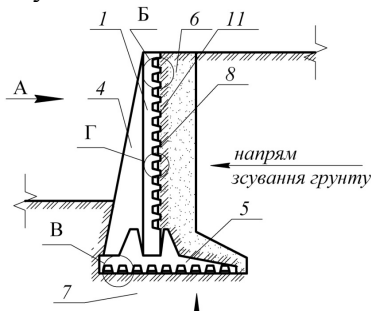


Рис. 7. Монолітна підпирна стінка спеціального типу з контрфорсом у вигляді діафрагми Рис. 8. Вид А з рис. 7 Рис. 9. Підпирна стінка спеціального типу з контрфорсом у вигляді підкосу

Для стабілізації хитливих схилів і укосів, а також на підроблювальних територіях з горизонтальним переміщенням ґрунту використовуються інші підпирні стінки спеціального типу (рис. 10).

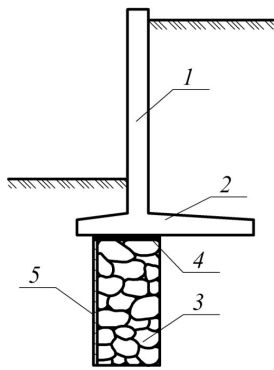


Рис. 10. Підпірна стінка спеціального типу

Запропонована підпірна стінка містить у собі лицьову 1 і фундаментну 2 плити, жорстко з'єднані одна з одною, утворюючи кутників профіль. Як основа застосовується стовпчастий фундамент із бутобетону 3 (або монолітний залізобетонний). Між фундаментною плитою і стовпчастим бутобетонним фундаментом розташовується шов ковзання 4, який складається з декількох шарів руберойду з низьким коефіцієнтом тертя, що дозволяє сприймати велике вертикальне навантаження з урахуванням зсуваючих сил від дії зсуву. Даний бутобетонний фундамент дозволяє витримувати вплив великих вертикальних навантажень і горизонтальних здвигаючих сил без руйнування його верхньої частини обріза.

Перед заповненням траншеї фундаменту можна застосувати водозахисний екран 5, який перешкоджає би проникненню ґрунтових вод до схилу.

У процесі зсуву підпірної стінки по горизонталі від дії активного тиску ґрунту відбувається мобілізація сил тертя фундаментної плити по ґрунту і пасивному тиску ґрунту на нижню частину лицьової плити. При цьому завдяки прокладкам з руберойду з низьким коефіцієнтом тертя, на фундамент передається незначна частина горизонтального навантаження, що дозволяє йому працювати без особливих деформацій. В залежності від конкретних інженерно-геологічних умов відповідна технологія пристрою фундаменту дозволяє забезпечити стійкість зсувного схилу на період встановлення підпірної стінки.

Запропонована підпірна стінка відрізняється високою надійністю експлуатації в критичній ситуації непередбаченого аварійного зростання зсуваючого навантаження. Залежно від гідрологічних умов ділянок території з низової сторони схилу і відповідно впливу води на зсувні процеси, можливе застосування як бутобетонного так і монолітного залізобетонного фундаменту, що дозволяє одночасно підвищити надійність роботи підпірної стінки, зниження її матеріалоемності і створення водозахисного екрану.

Список літератури

1. Деклараційний патент на винахід № 62713 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл.№ 12).
2. Деклараційний патент на винахід № 62714 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл.№ 12).
3. Деклараційний патент на винахід № 62715 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл. № 12).
4. Деклараційний патент на винахід № 63578 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл. № 12).
5. Нагальні питання вирішення проблеми підтоплення ґрунтовими водами територій міст та селищ міського типу. Матеріали II науково-практичної конференції „Підтоплення 2003“. - Київ: „Знання“, 2003. - 91 с.
6. ДБН В. 1. 1. - 5 - 2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних ґрунтах (Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях). - К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000 - 70 с.
7. ДБН В. 1. 1. - 5 - 2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних ґрунтах (Частина 2. Будинки і споруди на просідних ґрунтах). - К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000 - 89 с.

Рукопис подано до редакції 21.02.13

УДК 621.771.2

В.П. ЧУМАКОВ, старший преподаватель, А.Э ТРУНОВА, студентка

КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Д.В. ГРИНЬ, ст. преподаватель

Кировоградский госдарственный педагогический университет им. В.Винниченка

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РЕЖИМА ОБЖАТИЙ ПРИ ПРОКАТКЕ НА БЛЮМИНГЕ

На основе максимального использования резерва трения между рабочими валками и прокатываемым металлом разработана новая технология прокатки слитков в дуо реверсивной клетки.

Ключевые слова: трение, слиток, валок, дуо реверсивная клетка, технология прокатки.