

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Коц І.В., канд. техн. наук, Бадьора Н.П.

**ВИКОРИСТАННЯ СТАТИКО-ДИНАМІЧНОГО СПОСОБУ
ІН'ЄКТУВАННЯ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ
СХИЛІВ ДОРІГ**

Анотація. В статті запропонований новий спосіб підсилення схилів ін'єкцією, який полягає у накладанні на стаціонарний потік розчину динамічної складової. Побудовані графіки зміни розповсюдження розчину при різних частотах пульсації. Виконане порівняння зміни розповсюдження розчину навколо ін'єкторів при статичному та динамічному нагнітанні.

Ключові слова: ін'єктування схилів, підсилення ґрунтової основи, динамічне нагнітання, радіус розтікання розчину, ін'єктор.

Аннотация. В статье предложен новый способ усиления склонов инъекцией, который заключается в наложении на стационарный поток раствора динамической составляющей. Построены графики изменения распространения раствора при разных частотах пульсации. Выполнено сравнения распространения раствора в ґрунтовой основе при статическом и динамическом нагнетании.

Ключевые слова: инъектирование склонов, усиление ґрунтовой основы, динамическое нагнетание, радиус распространения раствора, инъектор.

Annotation. In the article we propose a new method for enhancing the slopes injection, which is applied to a stationary solution flow dynamic component. Graphs were constructed changes in distribution of the solution at different frequencies of pulsation. Comparisons were made in the soil solution distribution based on static and dynamic injection.

Key words: injection of slopes, increased soil foundation, dynamic injection, the radius distribution solution injector.

Актуальність проблеми

Досить часто виникає необхідність в підсиленні та закріпленні ґрунтової основи схилів доріг, що пов'язана з неточностями в проектуванні схилів, і залежить від місцевості розташування та типу ґрунтової основи. Всі ці причини призводять до порушення фізико-механічних характеристик схилів на яких розташоване дорожнє покриття. Внаслідок цього схили починають руйнуватись, а на дорогах з'являються тріщини та перекоси, які становлять під небезпеку для руху транспортних засобів. Тому виникає необхідність в розробці нового способу та технологій з ремонту і підсилення ґрунтової основи схилів доріг.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав [1-3], що закріплення схилів способом ін'єктування здійснюється переважно при статичному тисковій нагнітання, що не завжди забезпечує якісне просочення скріпним розчином ґрунтового масиву, що, в кінцевому рахунку, не гарантує досягнення необхідної стійкості цього масиву та потребує застосування більшого тиску ін'єктування.

Мета та завдання дослідження

Метою даної статті є розробка нового способу закріплення ґрунтової основи схилів доріг, який поєднує в собі використання постійного та динамічного тиску нагнітання розчину. Задачею роботи є дослідження зміни радіуса розповсюдження розчину при статичному та динамічному циклічно-повторюваному тисковій ін'єктування.

Виклад основного матеріалу

Одним із перспективних напрямків закріплення ґрунтової основи схилів доріг є ін'єктування високонапірного розчину в товщу ґрунтового масиву. Авторами був розроблений спосіб закріплення схилів ін'єктуванням, який полягає в наступному. Встановлюються координати вводу точок ін'єкторів на поверхні ґрунту і визначаються кути нахилу для кожної із точок розташування ін'єктора. На поверхні схилу розміщуються ін'єктори по площині ковзання схилу. Визначають необхідну витрату ущільнюючого скріпного розчину та здійснюють його подачу під певним визначеним тиском у місцях розташування ін'єкторів. Завдяки застосуванню генератора гідравлічних імпульсів здійснюється додаткове накладання створених періодичних імпульсів тиску в розчині, що сприяє підвищенню проникності розчину та збільшенню області

насичення. Після завершення процесу тверднення розчину в ґрунтовому масиві утворюються жорсткі включення, які армують товщу ґрунту навколо ін'єктора. В кінцевому рахунку в місцях ін'єктування утворюються зони закріпленого ґрунту, які дотикаються і перекривають одна одну по всьому периметру ґрунтового масиву. Отриманий ґрунтовий масив має підвищені фізико-механічні показники та забезпечує необхідну стійкість схилу.

Обладнання для реалізації способу включає занурений в свердловину ін'єктор 6, манометр 5 для вимірювання тиску розчину, насосну станцію 4, розчинозмішувач 3, трубопроводи високого тиску 2, генератор гідравлічних імпульсів тиску – клапан-пульсатор 1 (рис.1.).

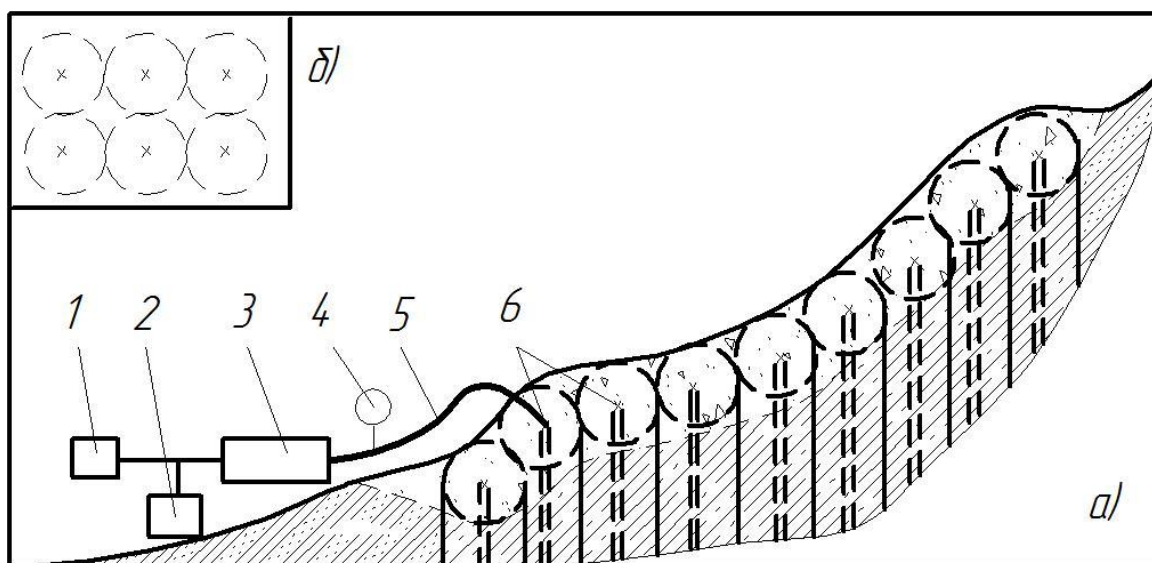


Рисунок 1 – Схема закріплення ґрунтової основи схилів ін'єкцією: а) схема розташування ін'єкторів; б) вигляд свердловин схилу в плані

Ефективний об'єм закріпленої ґрунтової основи визначається згідно формули (1):

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \beta_3 \cdot \chi_s, \quad (1)$$

де r – радіус розповсюдження технологічного розчину в товщі ґрунтового масиву, м;

h – максимальна глибина проникнення технологічного розчину, м;

β_3 – коефіцієнт запасу розчину, що пов'язаний з втратами на формування циліндра;

χ_s – коефіцієнт, що враховує перекриття ефективних контурів розповсюдження розчину і приймається 10-15% від загального об'єму розчину[4,5].

З врахуванням того, що $N_{скв}$ – це необхідна кількість свердловин для закріпленої ґрунтової основи схилу, то загальний об'єм технологічного розчину буде визначатись згідно формули:

$$V_{заг} = N_{скв} \cdot V, \quad (2)$$

де V – об'єм розчину, який необхідний для закріплення однієї свердловини, м³.

$N_{скв}$ – загальна кількість свердловин, шт.

Основним показником, що визначає ефективність закріплення ґрунтової основи схилів доріг є радіус розтікання розчину навколо ін'єктора (1), який повинен створити надійну суцільну завісу із розчину для забезпечення необхідної стійкості та міцності.

Радіус розповсюдження технологічного розчину визначається згідно формули (3) [6]:

$$r_{\kappa} = \frac{P_{cm} (1 + \cos \omega t) \cdot \delta_0 \cdot D}{2\tau_0 - \delta_0 \cdot D \cdot \lambda_p \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha} + r_c \quad (3)$$

P_{cm} – статичний тиск ін'єкування, Па;

t – тривалість циклу нагнітання, с;

ω – частота повторення імпульсів тиску, Гц;

δ_0 – початкове розкриття каналу ґрунту, м;

D – параметр, що враховує криволінійність розташування каналів, $D=1,5-4$ [7];

τ – динамічне напруження зсуву технологічного розчину, Па;

λ – питома вага технологічного розчину, Н/м³;

φ – полярний кут розтікання розчину, град;

α – кут нахилу каналу до вертикалі, град;

r_0 – радіус ін'єктора, м.

Згідно формули (3) були побудовані графіки залежності радіуса розповсюдження розчину від статичного та динамічного тиску нагнітання, що зображені на рис.2.

З графіку на рис.2 видно, що радіус розповсюдження розчину буде більший при дії імпульсної складової на стаціонарний потік розчину, ніж при постійному статичному нагнітанні, причому, при статико-динамічному нагнітанні розчину радіус розповсюдження збільшується приблизно в 1,25-1,4 рази, що значно впливає на забезпечення більшої несучої здатності та підвищення міцності ґрунтової основи схилів доріг. Додаткові періодичні гідравлічні імпульси тиску створюються за допомогою спеціального устаткування, яке захищено патентами України на корисну модель [8,9].

Було виконано порівняння зміни радіуса закріпленої ґрунтової основи при різних частотах пульсації розчину, що наведено на рис. 3. З графіка видно, що при більших частотах пульсації радіус проникнення розчину збільшується, але частоту пульсації ґрунтового масиву потрібно підбирати в залежності від властивостей ґрунту та умов розташування ґрунтової основи. При великих частотах пульсації відбувається руйнування структури ґрунту та відбувається гідророзрив середовища.

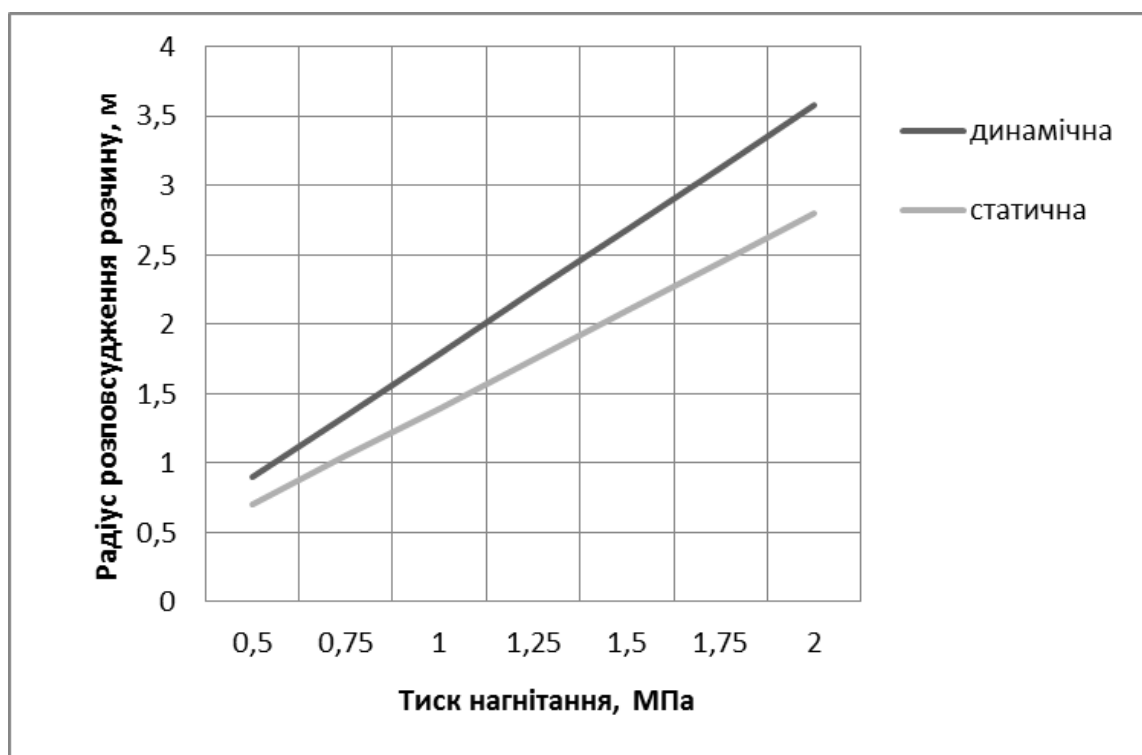


Рисунок 2 – Графік залежності радіуса розповсюдження розчину від статичного та динамічного тиску нагнітання

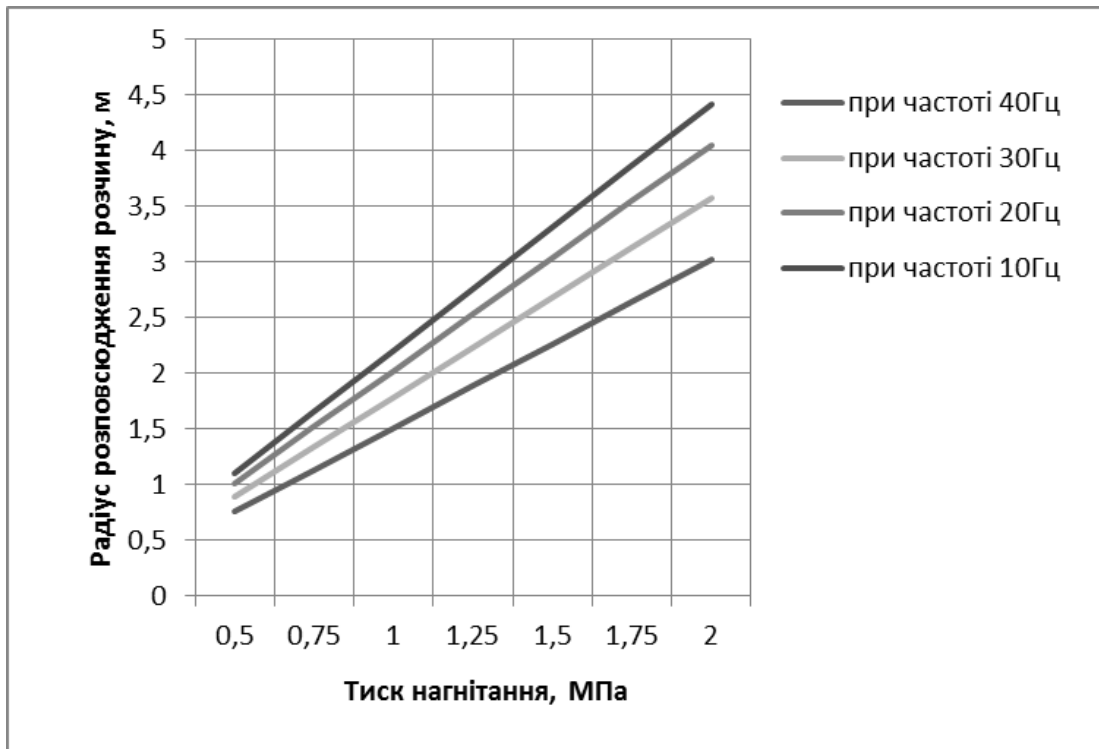


Рисунок 3 – Графік залежності радіуса розповсюдження розчину в залежності тиску нагнітання при різних частотах повторювання гідравлічних імпульсів тиску

Висновки

1. В статті запропоновано розроблений новий спосіб закріплення ґрунтової основи схилів доріг, який поєднує в собі забезпечення постійного та динамічного тиску нагнітання ін'єктуючого розчину, що дозволяє збільшити радіус розтікання розчину за рахунок зменшення його в'язкості і збільшення проникності у пори ґрунтового масиву.

2. Здійснено аналіз зміни радіуса розповсюдження розчину при статичному та динамічному тиску ін'єкування. Побудовані залежності показують, що при впливі імпульсної складової на стаціонарний потік рідини, збільшується радіус розповсюдження розчину у 1,25 – 1,40 разів.

3. Побудовані графіки зміни радіуса розповсюдження скріпного розчину при різних частотах пульсації, які показують, що зі збільшенням частоти пульсації розчину радіус розповсюдження розчину навколо свердловини збільшується. Слід зауважити, що збільшувати частоту пульсації і максимальний тиск нагнітання можливо тільки до граничного значення, при якому відбувається гідророзрив середовища, який визначається для кожного типу ґрунтової основи окремо.

Література

1. Патент RU № 2191866, М. Кл. E02D17/20. Способ закрепления оползневых склонов / Т. М. Ядлось, В.Д. Карминский, В.П. Галайко; – № 2000122228/03; заявл. 22.08.2000, опубл. 27.10.2002.
2. Патент RU № 2275467. М. Кл. E02D3/12. Способ закрепления оползневых склонов / В. И. Осипов, С. Д. Филимонов, Б. О. Снежкин; заявл. 21.12.2004, опубл. 27.04.2006.
3. Ланис А.Л. Использование метода напорной инъекции при усилении земляного полотна железных дорог : автореф. дис. на соискание ученой степени к.т.н.: спец. 05.22.06 «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог» / Ланис Алексей Леонидович – М., 2009. – 24 с.
4. Айтматов И.Т. Тампонирование обводненных горных пород в шахтном строительстве / И.Т. Айтматов, Б.И. Кравцов, Б.Д. Половов– М.: Недра, 1972. – 142 с.
5. Кипко Э.Я. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: Учеб. пособие / Э.Я. Кипко, П.Н. Должиков, Н.А. Дудля и др. – Днепропетровск: НГУ, 2004. – 367 с.
6. Бадьора Н.П. Особливості розповсюдження технологічних розчинів при ін'єкційному підсиленні ґрунтових масивів / Н.П. Бадьора, І.В. Коц – Збірник наукових праць «Науковий вісник будівництва» – № 71 (2013). – С. 161-165.
7. Герасимов О. В. Изучение процессов укрепления неустойчивых грунтов оснований сооружений сейсмическим методом / О. В. Герасимов, С.М. Простов // Вестник КузГТУ.– 2006. –№ 6. – С. 15 –19.
8. Патент на корисну модель № 54122U Україна, МПК8 E02D 3/00, E21B 43/16, E21D 20/00. Установка імпульсної дії для нагнітання сумішей в ґрунтовий масив / Коц І. В., Бадьора Н. П.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u201005469; заявл. 05.05.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20.
9. Патент на корисну модель № 63266U Україна, МПК8 E02D 3/00, E21B 43/16, E21D 20/00. Установка для нагнітання будівельних розчинів в ґрунтовий масив / Коц І. В., Бадьора Н. П.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u201100502; заявл. 17.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.