

М. Д. КОСТЮК (Укрзалізниця),
О. М. ПІШНЬКО, В. Д. ПЕТРЕНКО, С. В. ЦЕПАК (ДІТ)

ОБҐРУНТУВАННЯ НАУКОВИХ НАПРЯМКІВ МЕХАНІКИ ҐРУНТІВ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ШВИДКОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Проведені порівняльні розрахунки земляного залізничного полотна та виявлені закономірності впливу навантаження на зміну напружень.

Проведены сравнительные расчеты земляного железнодорожного полотна и определены закономерности влияния нагрузки на изменение напряжений.

Comparative calculations of earthen railway bed have been performed and regularities of the influence of loading onto change of strains have been determined.

В основу проектних рішень на різних ділянках дороги при перевлаштуванні траси Київ–Дніпропетровськ при переході на підвищену швидкість руху поїздів до 140 км/год, покладенні діючі нормативні документи та будівельні норми, які є дуже загальними і не завжди підтверджуються необхідними розрахунками; особливо це стосується урахування динамічного впливу.

Огляд науково-технічної літератури підтвердив складність врахування усіх факторів, що обумовлює спрощені підходи до нормативної документації для проектування. Однак розгляд цього напрямку в науково-практичній роботі є необхідним, оскільки швидкість рухомого складу залізниць може зрости одночасно з розвитком пропускної спроможності. При цьому також слід врахувати, що деякі наукові дослідження земляного полотна-споруди проводились без урахування розвитку та формування напрямків на основі нерозробленої на даний час теорії управління земляним полотном.

Відсутність методики визначення міжремонтних термінів обумовлює необхідність використання досвіду спеціалістів по земляному полотну, який набувається в процесі експлуатації окремих ділянок і відповідає виникаючим змінам. При цьому створились умови, за яких на ПЧ та геотехнічних станціях відпала необхідність вивчення та аналізу ґрунтів, що привело до скорочення інформації про земляне полотно, яка накопичується і аналізується у проектантів. Можливість і необхідність створення інформаційної бази еталонних зразків (по кожному пікету або кілометру) відпадає, а стан земляного полотна визначається за критичними «поверхневими змінами», а також за показникам колійних досліджень.

На протязі останніх років в ДІТі формувались наукові напрямки та методи аналізу ґрунтів [1] на основі теорії консолідації, фільтрації та вивчення їх пластичного стану. Однак паралельно у науковців гірничодобувної промисловості [2; 3] було розвинуто напрямок – теорія управління гірським масивом. Це привело до формування нових поглядів, на аналіз ґрунтів та ідентифікацію поняття «земляне полотно» та відкриттю невідомих закономірностей, які підтверджують, наприклад, вірність ступінчатого завантаження при експериментальних дослідженнях на консолідовано-дренований зсув.

В інструкції ЦП/0072 запропоновано визначати стан земполотна «по поверхневим змінам». У свою чергу, поверхневі зміни складаються з наступного:

- ерозійних змін накопиченого характеру;
- ентропії поверхневих змін;
- геотехногенних змін основи земляного полотна.

Слід відзначити, що ерозійні зміни визначаються в залежності від сезонних кліматичних умов. Геотехногенні зміни, у тому числі гірничі підробки, з'являються незалежно від руху поїздів і є аварійними. Ентропія поверхневих змін – енергія змін, які проходять у земляному полотні, залежить від сумарної дії усіх факторів, а найбільш від поїзного навантаження та зміни вологості.

На основі систематизації розглянутих наукових поглядів сформулюємо поняття:

– земляне полотно – це великопротяжна самоорганізуюча система, несуча земляна споруда, потенційна енергія термодинамічних перетворень у якій відповідає її об'єму та фізичним властивостям ґрунтів, а зміна внутрішнього стану його відповідає ентропії поверхневих

змін. Експлуатація земляного полотна має найвищу надійність за пружного стану. При цьому ентропія системи відображає хаос термодинамічних перетворень енергії руйнування, тріщинотворення і пластичних деформацій внутрішньої структури земполотна, постійно зростає до переходу споруди або її окремих ділянок у пластичний стан (зсув). Пружний стан ґрунтів складає першу третину реологічної кривої при трьохвісному випробуванні і допускає визначення фізичних параметрів випробуванням на консолідовано-дренований зсув;

– підшпальна баластна призма – це верхня будова земляної споруди-полотна із крупнокускового міцного скельного матеріалу (щебеню), яка зовсім позбавлена властивостей контактних пластичних деформацій. Енергія від поїзного навантаження у призмі витрачається тільки на термодинамічне перетворення за рахунок тертя, при цьому призма має тільки пружні властивості (у незабрудненому стані) і здатність до самовідновлення стану та форми.

Якщо не враховувати початок впровадження на залізниці нових методів зменшення конвергенції баластного шару, що проводиться за допомогою використання геотекстильних матеріалів, то ці поняття носять характер постулатів. Але слід відзначити, що з точки зору теорії управління, визначення терміну міжремонтних строків треба враховувати обґрунтовані і експериментально підтверджені наукові передумови для створення нормативної документації. У зв'язку з цим потрібно розробити необхідні розрахунки стану земляного залізничного полотна.

Враховуючи, що за нормальних кліматичних вологообмінних умов напруцювання земполотна на відказ складає декілька років, зміни його стану можливо вважати віртуальними. Це дозволяє використовувати варіаційні принципи теорії пружності і пластичності [4] до вирішення поставленої задачі. Тому приймаємо умову, що система «земляне полотно–поїзне навантаження», на яку накладено задані геометричні зв'язки, знаходиться у рівновазі під дією прикладених сил. Тоді сума усіх віртуальних робіт $\delta'W$ зовнішніх і внутрішніх сил, які діють на цю систему на будь – яких нескінченно малих віртуальних переміщеннях, задовольняє задані геометричні зв'язки, і рівна нулю:

$$\delta'W = 0. \quad (1)$$

Якщо далі припустити, що усі зовнішні та внутрішні сили мають потенціал U , який є функцією координат і терміну, то принцип віртуальної роботи зводиться до принципу стаціонарності потенційної роботи, за якого множина усіх допустимих конфігурацій стану рівноваги характеризується властивостями стаціонарності потенційної енергії U :

$$\delta U = 0. \quad (2)$$

У подальшому, використовуючи принцип Даламбера без урахування інерції системи, отримуємо:

$$F = \int_{t_1}^{t_2} \delta'W dt. \quad (3)$$

У результаті маємо узгодження про те, що віртуальні зміни у початковий і кінцевий термін рівні нулю.

У свою чергу, таке міркування дає можливість обґрунтовано зробити два основні висновки:

– якщо термін випробувань ґрунтів, наприклад методами пенетрації, достатньо малий у порівнянні із терміном експлуатації земляного залізничного полотна, то випробування не вплинуть на отримані значення напружень, а результати замірів через тривалі проміжки дадуть картину зміни стану у часі;

– короткий термін випробувань може характеризувати статичний стан споруди, що робить можливим використати метод скінчених елементів (МСЕ) і підтвердити розрахунки методами пенетрації.

Якщо припустити, що система адитивна, тоді функціонал F прийме вигляд

$$F = \sum_{t=t_1}^{t=t_2} Q, \quad (4)$$

де Q – поїзне навантаження, тис. т / рік.

Лабораторією механіки ґрунтів ДПТУ було проведено розрахунки 113,5 км перегону швидкісної траси Дніпропетровськ–П'ятихатки (рис. 1), за яких отримано поля напружень та переміщень у земляному полотні. Результати пенетрометричних випробувань підтвердили результати розрахунків у варіантах зміни прикладення поїзного навантаження по ширині земполотна. Це в загальному випадку дає можливість визначити присутність невідомих раніше закономірностей, які при попередньому розгляді мають відзначений (рис. 2) вигляд.

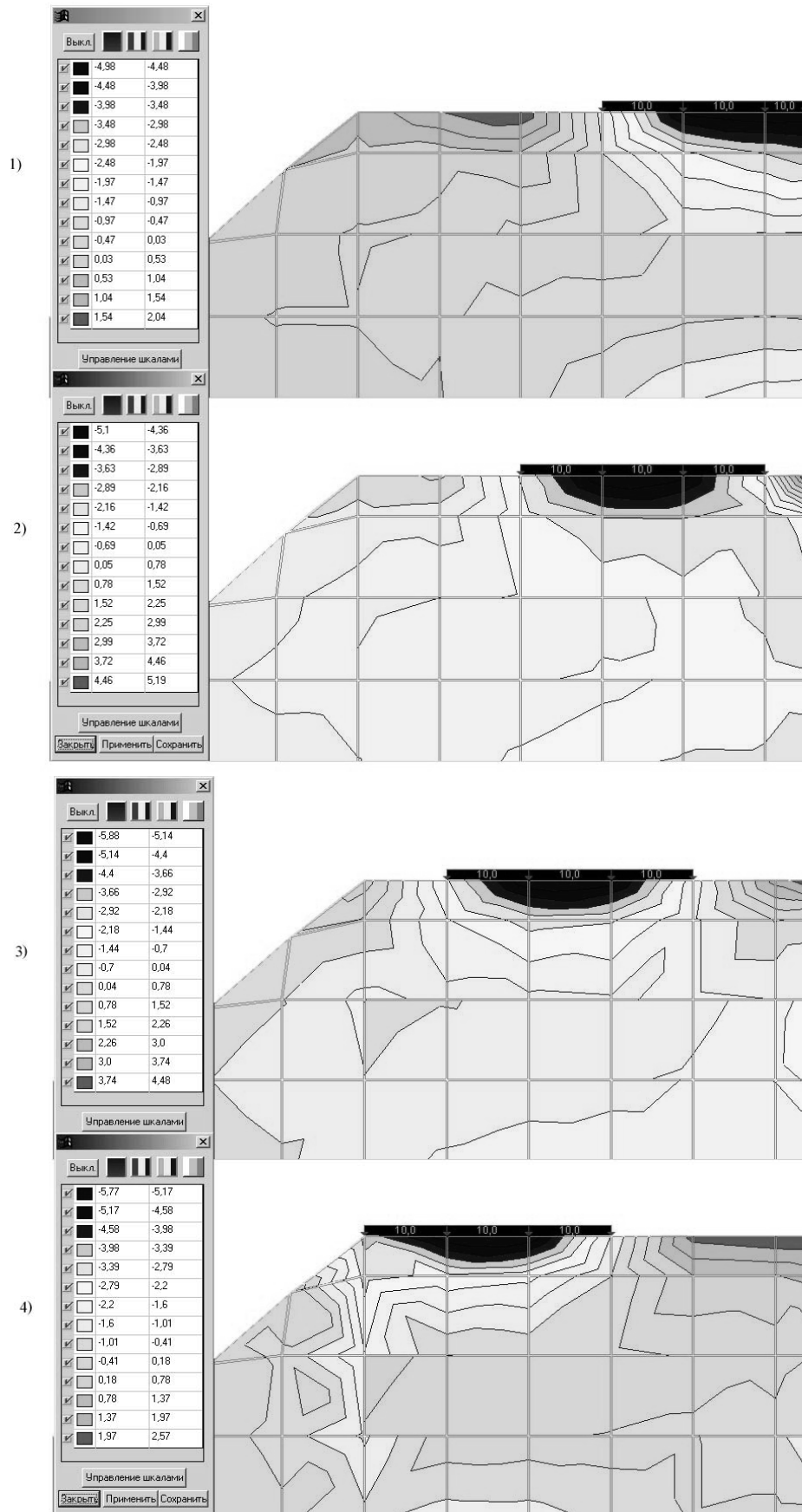


Рис. 1. Схема розташування ізополів напружень в залежності від прикладення навантаження по ширині земляного полотна

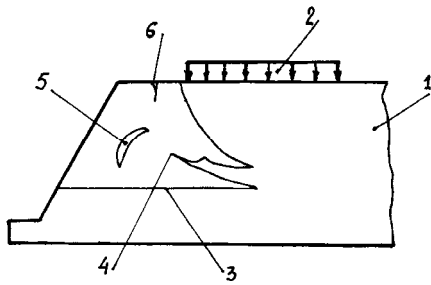


Рис. 2. Основні закономірності полів напружень:
 1 – земляне полотно; 2 – поїзне навантаження;
 3 – орієнтовна нижня межа поля напружень; 4 – піковий
 виплеск напружень стиску; 5 – локальна зона поля
 напружень розтягу; 6 – поверхнева зона поля розтягнень

Впровадження висунутих наукових положень та отриманих знань про розташування основних елементів формування порушень земляного полотна робить можливим визначити стан окремих його ділянок, створити обґрунтовану методику визначення міжремонтних термінів до розробки вітчизняного вагона-геотехнічної станції, а також впровадити поточний контроль поверхні земполотна обхідни-

ками колії, наприклад, з використання переносних експрес-пенетрометрів.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гольдштейн М. Н., Царьков А. А., Черкасов И. И. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1981. – 320 с.
2. Колесников В. Г. Способ управляемого разрушения выбросоопасных пород при проведении выработок механическим способом // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. Вып. 1, 1976.
3. Открытие: диплом № 1. Закономерность разрушения предельно напряженных горных пород при слабых воздействиях. В. Н. Потураев, А. Н. Зорин, В. В. Виноградов, А. Ф. Булат, 1985.
4. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. – М.: Мир, 1987. – 542 с.

Надійшла до редколегії 30.10.03.