

Г. О. ЛИННИК (Укрзалізниця),
В. Д. ПЕТРЕНКО, О. Л. ТЮТЬКИН, І. М. ПЕТРІВСЬКА (ДІТ)

КОМПРЕСІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩЕБЕНЕВО-ГРУНТОВОЇ СУМІШІ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

В статті наведені результати компресійних досліджень щебенево-грунтової суміші для повторного застосування із наведенням рекомендацій.

Ключові слова: земляне полотно, компресійні дослідження, щебенево-грунтова суміш

В статье приведены результаты компрессионных исследований щебеночно-грунтовой смеси для повторного использования с приведением рекомендаций.

Ключевые слова: земляное полотно, компрессионные исследования, щебеночно-грунтовая смесь

In the article the results of compression researches of the crushed stone-ground mixed for the repeated use with adduction of recommendations are resulted.

Keywords: earthen linen, compression researches, crushed stone-ground mixed

Збільшення об'ємів робіт з ремонту та реконструкції баластного шару та земляного полотна залізниць України, в тому числі і при переході на швидкісний рух, потребує вирішення такої актуальної задачі як повторне застосування або утилізація щебенево-грунтової суміші (ЩГС) баластного шару в процесі реконструкції залізничних колій. При проведенні капітального ремонту або модернізації залізниць виникає необхідність в посиленні насипів різними способами або зведенні нових. Для улаштування насипів використовують ґрунти, що відповідають вимогам [1, 2].

Зокрема, такими матеріалами є щебінь, який знімається при роботі машини RM-80 при реконструкції верхньої будови колії, тобто деякі об'єми забрудненого щебеню. Утилізація такого щебеню шляхом його очищення та класифікації потребує достатніх грошових затрат по вивезенню їх до відвалів або кар'єрних дробильно-сортирувальних заводів. Але при визначенні його належних фізико-механічних характеристик, які регламентуються ДБН, можливе повторне застосування забрудненого щебеню, наприклад, для відсіпки насипів земляного полотна для другої колії при реконструкції шляхів і контрбанкетів, посилення насипів захисними шарами, будівництві автомобільних доріг. Таке застосування може дати значну економію коштів, так як щебінь застосовується повторно, тобто робота галузі не потребує збільшення об'ємів щебеню. Крім того, покращується планування територій біля залізничних колій.

Разом з тим, задача повторного застосування потребує наукового обґрунтування, так як ЩГС, яка знята при реконструкції шляховою

машиною RM-80, має деякий відсоток домішок різного характеру (мастила, частки перевезених сипучих матеріалів (руда, вугілля та інші), які характерні кожній залізниці, частки ґрунту земляного полотна та органічні включення), які змінюють властивості щебеню і негативно відбиваються на його міцнісних та деформаційних характеристиках.

Тому наукові дослідження повинні базуватись на визначенні фізико-механічних властивостей ЩГС баластного шару з метою встановлення фактичних характеристик і придатності для будівництва насипів, їх посилення та інше. Для визначення області повторного застосування ЩГС в роботі проведені компресійні випробування із визначенням модулю деформації. Після аналізу результатів виконаних досліджень на їх основі розроблені рекомендації щодо застосування ЩГС. Для визначення фізико-механічних характеристик ЩГС відібрані проби з різних дільниць залізниць України: Львівської, Придніпровської та Донецької. Розмір проб визначається на основі [2, 3] з урахуванням гранулометричного складу масою 80...120 кг і з відбором окремих проб по 10...12 кг в різних місцях складованого щебеню.

Результати компресійних випробувань використовуються для розрахунків осідання. Метою компресійних випробувань є визначення деформативних характеристик щебеню: коефіцієнт стисливості m_0 , питому стисливість m_y , модуль лінійного стиску E і модуль компресії D_k . Модуль деформації є основною деформаційною характеристикою, яку використовують

в обчисленні основ споруд за другим граничним станом (за деформаціями). З низки методів визначення модуля деформації компресійне випробування ґрунту є найбільш поширеним завдяки простоті і малим витратам. Модуль деформації – це коефіцієнт, що пов'язує тиск на ґрунт і його деформацію. Випробування на компресію виконується стиском зразка ґрунту в компресійному приладі (одометрі), який виключає можливість бічного розширення ґрунту при його стиску вертикальним навантаженням. Такі умови наближуються до умов деформації масиву при навантаженні. Вимірювання деформацій виконується за допомогою індикатора годинникового типу (месоури) з точністю 0,01 мм.

Компресійний прилад (рис. 1) складається з металевого зарядного кільця для ґрунту (1); циліндричної обойми (2), перфорованого вкладиша під зарядне кільце (3) та піддону або ванни з ємністю для води (4); перфорованого поршня (5); стоячка для кріплення месоури (6), навантаження від пресу (7).

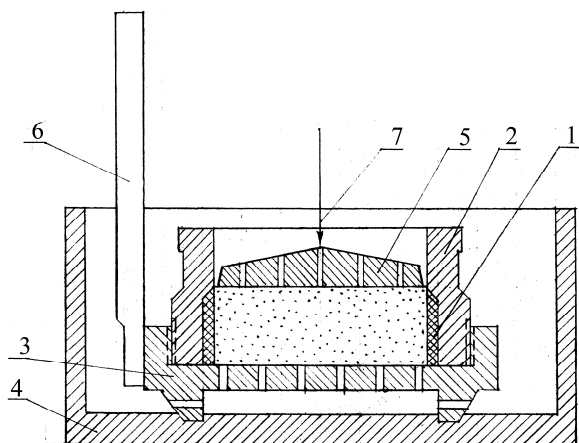


Рис. 1. Принципова схема компресійного приладу

До компресійного обладнання входить: компресійний прилад; механізм для вертикального навантаження (важільний прес); індикатор годинникового типу для вимірювання величини вертикального стиску зразка ґрунту (месоура).

Збирання приладу виконується у такій послідовності:

1. На перфорований вкладиш в обойму ставиться кільце з щебенем ріжучим краєм доверху і обойма закручується до упору.

2. Зверху на зразок кладеться перфорований поршень. Верхня і нижня поверхні зразка покриваються паперовим фільтром для захисту отворів вкладиша і поршня від попадання частинок щебеню.

3. На поршень приладу встановлюється коромисло з тягами, які з'єднують його з важелем пресу для передачі навантаження.

4. Для вимірювання осідання щебеню після навантаження на стоячку кріпиться месоура таким способом, щоб її ніжка опиралась на верх коромисла і була підтиснута догори. При цьому для спрощення підрахунків осідання велику і малу шкалу месоури встановлюють на нуль.

Виконання роботи виконується наступним чином:

1. Важіль пресу звільнюється від фіксатора, встановлюються початкові нульові показання на месоурі і зразок ґрунту піддається першому ступеню тиску шляхом прикладання різноваги на підвіску важеля, що відповідає тиску 0,05 МПа.

2. Стабілізований відлік деформації за месоурою знімається після спостереження стабілізації деформацій (0,01 мм за 4 години) і записується в журнал спостережень.

3. Зразок ґрунту довантажується наступним ступенем навантаження, який відповідає тиску 0,1 МПа.

4. Повне випробування ґрунту на компресію виконується при ступенях тиску 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,40, 0,45 та 0,5 МПа. Всі показання стабілізованих деформацій заносяться в журнал.

5. Після закінчення випробування щебеню на стиск прилад розвантажується в наступній послідовності:

- відкріплюється месоура;
- знімається вантаж з підвіски;
- прилад з ґрунтом виймається з ванни, розбирається і ретельно насухо витирається.

За результатами досліджень будуються графіки залежності коефіцієнта пористості ґрунту від тиску (компресії) $e = f(p)$ та відносної деформації від тиску (компресійної деформації) $\epsilon = f(p)$, які допомагають проконтролювати результати дослідження.

Для інтервалу вертикального тиску $p_{\text{поч}} = 0,05$ МПа і $p_{\text{кін}} = 0,1$ МПа визначаються:

1. Коефіцієнт стисливості ($\text{м}^2/\text{МН}$):

$$m_0 = \frac{e_{\text{поч}} - e_{\text{кін}}}{p_{\text{кін}} - p_{\text{поч}}} \quad (1)$$

2. Питома (відносна) стисливість ($\text{м}^2/\text{МН}$):

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_{\text{поч}}} \quad (2)$$

3. Модуль деформації або лінійного стиску (МПа):

$$E = \frac{p_{\text{кін}} - p_{\text{поч}}}{\varepsilon_{\text{кін}} - \varepsilon_{\text{поч}}} \beta, \quad E = \frac{\beta}{m_v}. \quad (3)$$

4. Модуль компресії (МПа):

$$D_k = \frac{p_{\text{кін}} - p_{\text{поч}}}{\varepsilon_{\text{кін}} - \varepsilon_{\text{поч}}}. \quad (4)$$

В формулах (1)-(4):

$e_{\text{поч}}$, $e_{\text{кін}}$, $\varepsilon_{\text{поч}}$ і $\varepsilon_{\text{кін}}$ – коефіцієнти пористості і значення відносної деформації ґрунту, які відповідають тиску $p_{\text{поч}}$ і $p_{\text{кін}}$; m_0 і m_v – відповідно коефіцієнт стисливості і питома стисливість, що відповідають інтервалу тиску від $p_{\text{поч}}$ і $p_{\text{кін}}$; β – коефіцієнт, який враховує відсутність поперечного розширення ґрунту в компресійному приладі і який обчислюється за формулою $\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$, де ν – коефіцієнт поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона, для відпрацьованого щебеню приймається рівним 0,35, а $\beta = 0,623$).

Результати обробки результатів за допомогою Microsoft Excel для дільниці Чаплине (3 досліді), Львів (3 досліді) та Кривий Ріг (3 досліді) візуалізовано у вигляді діаграм (рис. 1-9).

Після аналізу діаграм можна зробити висновок, що модуль деформації відпрацьованого щебеню складає: 1) для дільниці Чаплине – 140...170 МПа; 2) для дільниці Львів – 92...138 МПа; 3) для дільниці Кривий Ріг – 178...230 МПа. Так як для глинястих ґрунтів (частіше усього суглинок), які складають земляне полотно, модуль деформації складає 30...35 МПа (для швидкісних доріг закордонних залізниць – не менше 50 МПа), можна зробити висновок, що відпрацьований щебень може бути доцільною заміною суглинку.

За проведеними дослідженнями можна зробити наступні висновки. ЩГС відносяться до II та III категорій якості, таким чином досліджені матеріали можна укладати: 1) у автодорожньому будівництві згідно [4]; 2) у контрбанкети; у захисні шари згідно [5]; 3) у земляне полотно для других колій [1].

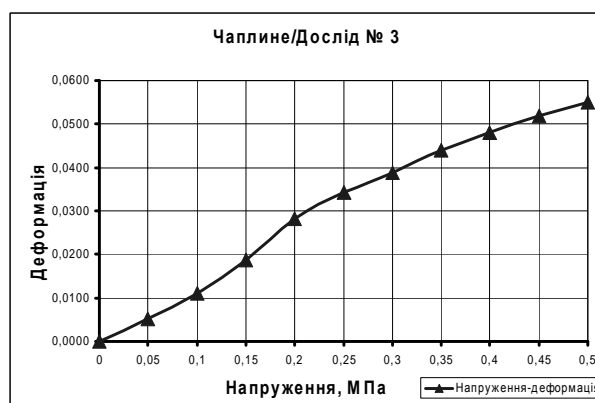
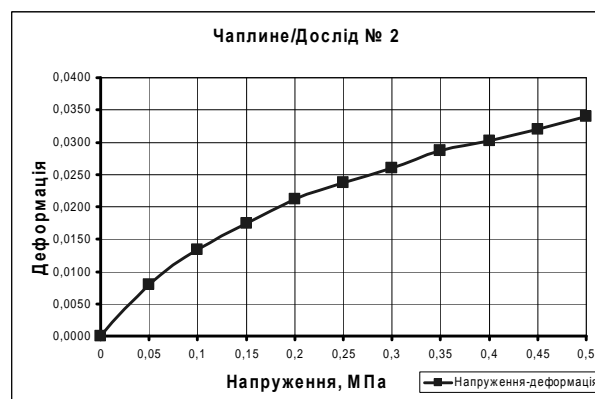
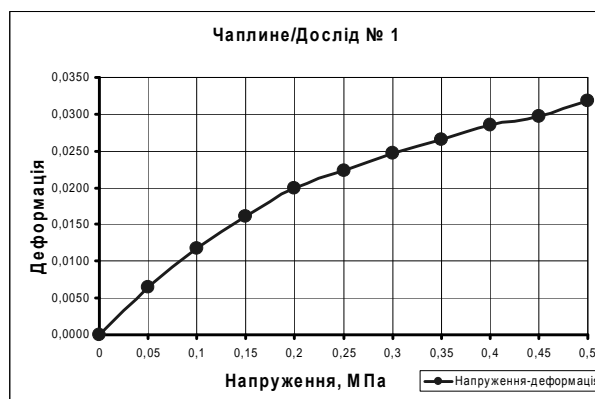


Рис. 1. Графіки залежності $\varepsilon = f(p)$ для Чаплине

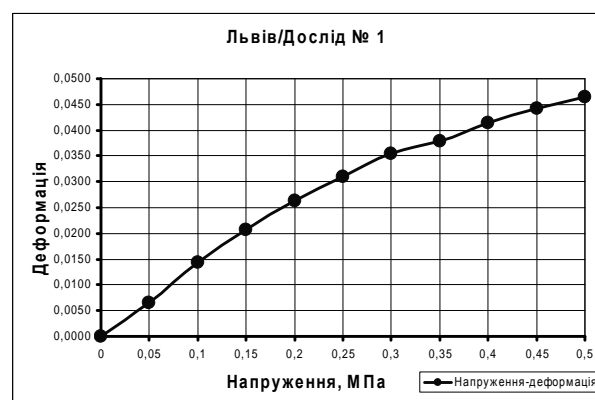


Рис. 2. Графіки залежності $\varepsilon = f(p)$ для Львова

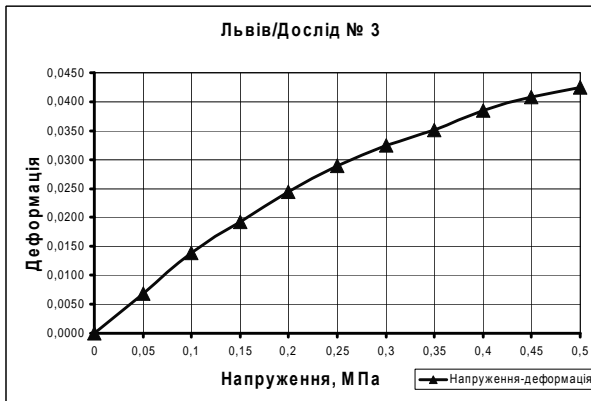
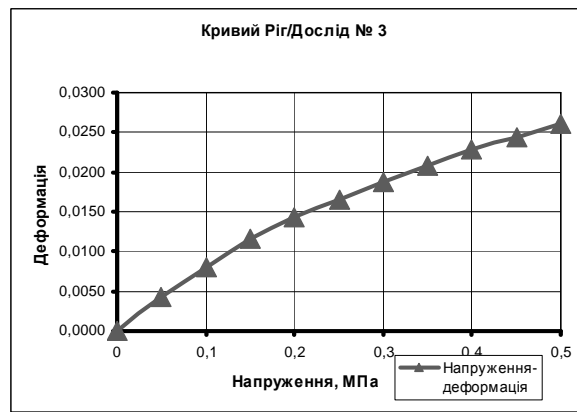
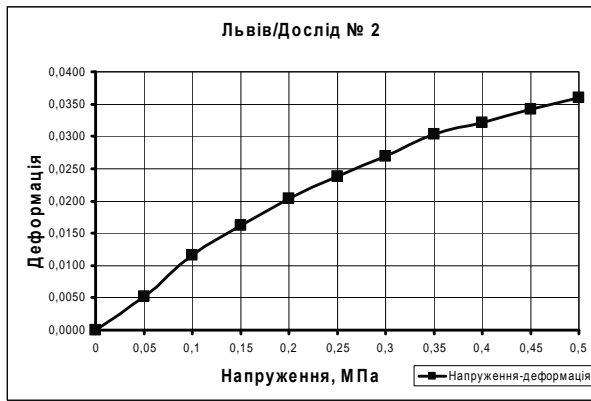


Рис. 5. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Кривого Рогу

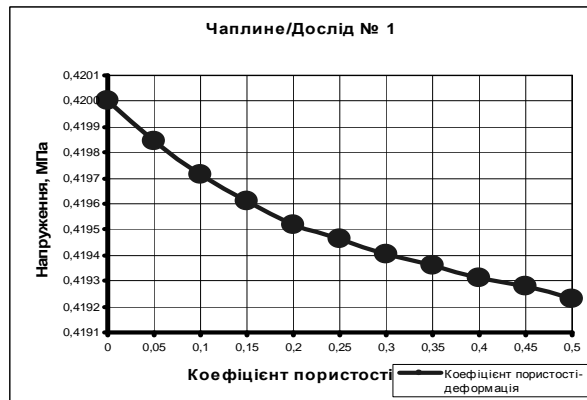


Рис. 3. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Львова

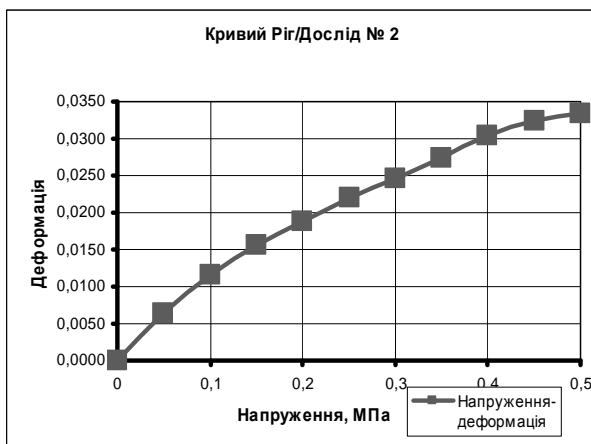
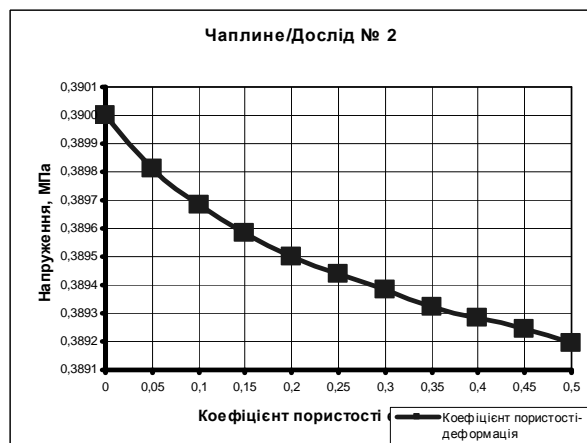
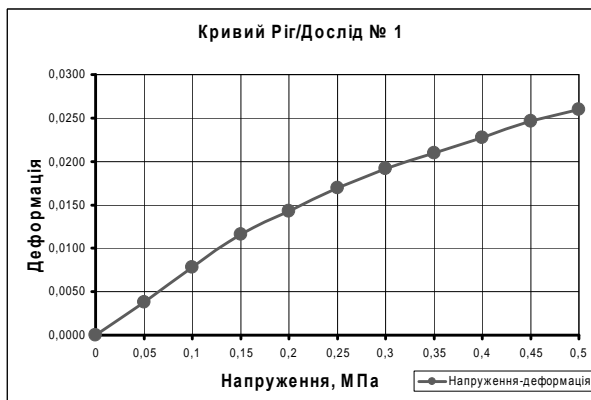


Рис. 4. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Кривого Рогу

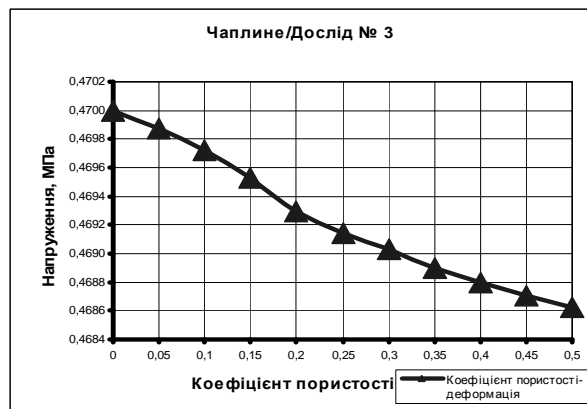


Рис. 6. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Чапліне

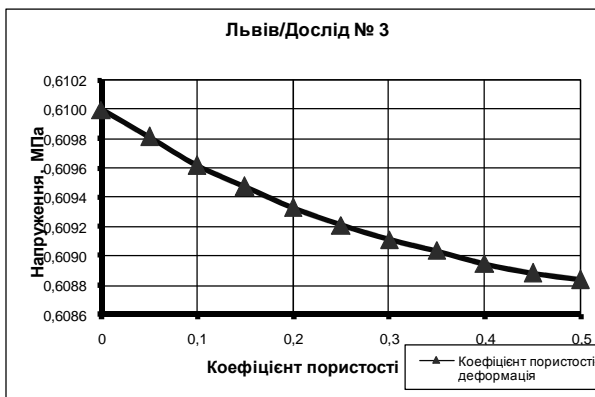
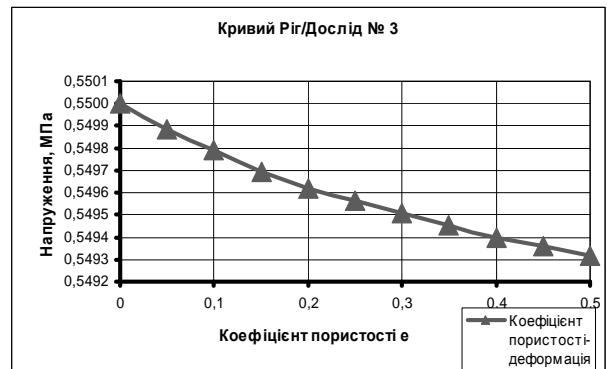
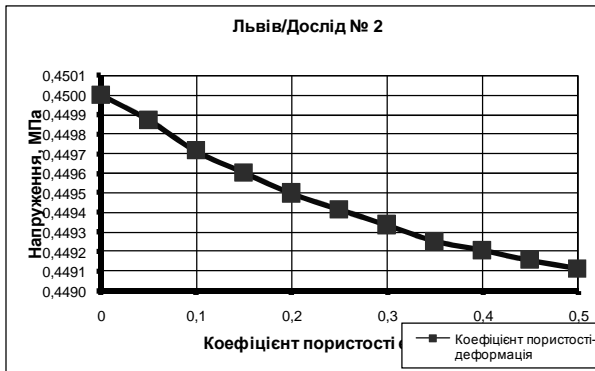
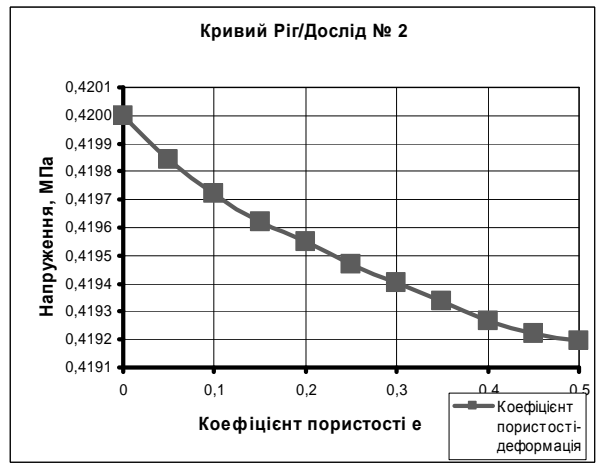
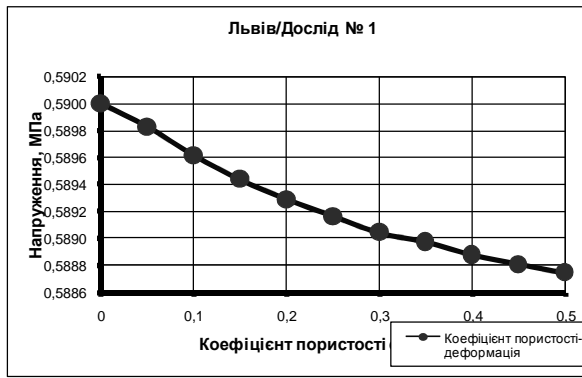


Рис. 9. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Кривого Рогу

Рис. 7. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Львова

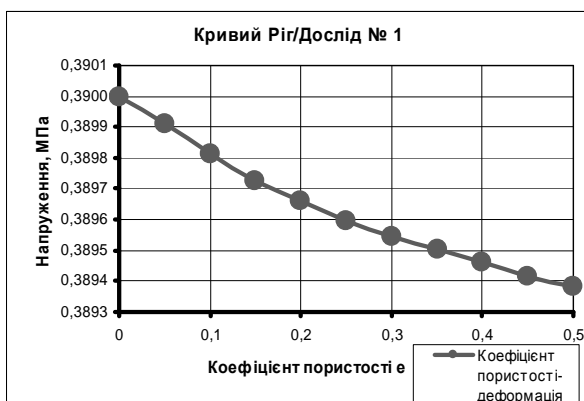


Рис. 8. Графіки залежності $\epsilon = f(p)$ для Кривого Рогу

Всі дослідні матеріали відносяться до відходів промисловості, що мало впливають на міцність і стійкість земляного полотна під дією погодно-кліматичних факторів, і тому їх застосування у автодорожньому будівництві дозволяється без обмеження, згідно з п. 6.4.1 [4]. Використання ЩГС при будівництві контрбанкетів (берм) дозволяється без обмеження при дотриманні умов водовідведення.

Згідно до [5] дозволяється використання ЩГС при улаштуванні основної площадки при виконанні капітального ремонту та модернізації колії за типом 3-2: конструкція земляного полотна, що передбачає улаштування захисного конструктивного шару з використанням геосинтетичних матеріалів. В якості геосинтетичних матеріалів обов'язково повинні використовуватись геомембрани.

Земляне полотно для других колій залізниць із ЩГС слід проектувати із дотриманням норм та вимог [2] та [6], що передбачають такі складові як щільність, вологість, крутизну відкосів, конструктивні розміри та інші основні параметри та заходи, що забезпечують міцність і стійкість земляного полотна. Земляне полотно для других колій з таких матеріалів необхідно про-

ектувати в ув'язці зі затвердженими рішеннями по реконструкції колії та використанню земляного полотна існуючої залізної дороги, в тому числі з урахуванням схем розміщення другої колії.

Будівельні роботи по спорудженню земляного полотна для другої колії, автодоріг або контрбанкетів повинні виконуватись згідно з спеціально розробленою і затвердженою інструкцією, яка повинна враховувати конкретні умови будівництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.3-19-2008 Споруди транспорту. Залізниця колії 1520 мм [Текст] / Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 26.01.2008 р. № 42. – 143 с.
2. ГОСТ-7392-85 Щебень из природного камня для балластного слоя железнодорожного пути [Текст]. – М.: Транспорт, 1986.
3. ДСТУ Б В.2.1-4-96 Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформативності [Текст]. – Київ, 1997. – 101 с.
4. ДБН В.2.3-4-2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [Текст] / Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України (Мінрегіонбуд) від 31.10.2007 р. № 292 – 92 с.
5. Правила улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії [Текст]: ЦП-0204 Затв.: Наказ Мінтрансу та зв'язку України від 25.12.2008, № 557-ЦЗ / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2009. – 44 с.
6. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст]: ЦП-0117 Затв.: Наказ Мінтрансу та зв'язку України від 13.12.2004, № 960-ЦЗ/ Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2004. – 170 с.

Надійшла до редколегії 23.12.2011.

Прийнята до друку 10.01.2012.