

АНОТАЦІЯ

Експлуатація старої забудови міста Львова наближена до умовного сторічного терміну. Ці будівлі вже давно підлягають обстеженню для можливого продовження терміну їх експлуатації. Класифікація ознак технічного стану будівель необхідна для визначення напрямку їх реконструкції. Перший і найсуттєвіший вплив на стан будівель дають нерівномірні деформації основ під їх фундаментами. Автори пропонують почати обстеження з використання геодезичного методу. Він дає можливість швидко визначити фактичні просторові деформації окремих будівель в групі будинків разом з основами.

Ключові слова: обстеження, технічний стан, деформації

АННОТАЦИЯ

Эксплуатация старой застройки города Львова приближена к условному столетнему сроку. Эти здания уже давно подлежат обследованию для возможного продления срока их эксплуатации. Классификация признаков технического состояния зданий необходима для определения направления их реконструкции. Первое и самое существенное влияние на состояние зданий дают неравномерные деформации оснований под их фундаментами. Авторы предлагают начать обследование с использованием геодезического метода. Он дает возможность быстро определить фактические пространственные деформации отдельных зданий в группе домов вместе с основаниями.

Ключевые слова: обследование, техническое состояние, деформации.

УДК: 624.154.5

Менейлюк О.І., д.т.н., проф.,
Петровський А.Ф., к.т.н., проф.,
Бабій І.М., к.т.н., доц.,
Борисов О.О., к.т.н., доц.,
Кирилюк С.В., к.т.н.,
ОДАБА, м. Одеса

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ
ІН'ЄКЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

Розглянуто розробку нової технології для захисту підземного простору від техногенних забруднень. Основу технології складає використання штучних протифільтраційних екранів з недефіцитних матеріалів та невеликих фінансових витрат. Проаналізовано математичне моделювання процесів ін'єктування ґрунту, фільтрацію, тиск та розповсюдження розчину.

Ключові слова: захист підземного простору, розробка технології, протифільтраційний екран, математичне моделювання, ін'єктування ґрунту.

Актуальність. Для захисту підземного простору від техногенних забруднень, що виникли внаслідок улаштування могильників з різного виду відходами, необхідно використовувати штучні протифільтраційні екрани. В якості таких екранів найбільш перспективні ті з них, для створення яких не потрібне використання дефіцитних матеріалів та великих фінансових витрат. Це, перш за все, різновиди природних глинистих матеріалів і матеріалів на основі цементу. Їх застосовують для створення цементно-глинистих горизонтальних екранів в основі різних могильників і ям складування відходів. Але попри свою відносну невелику вартість цементні екрани не можуть відповідати всім вимогам, що застосовують до протифільтраційних екранів, особливо для відповідальних споруд. Тому для вирішення окремих питань слід застосовувати матеріали, які

зможуть відповідати вимогам, згідно з проектною документацією. У свою чергу ці матеріали на основі акрилату характеризуються значною вартістю. Тому, у першу чергу при їх використанні, необхідно замислюватися про оптимальну їх витрату.

Останні дослідження. Для теоретичного обґрунтування процесу моделювання проникності ґрунту при турбулентній фільтрації рідини виконувався попередній експеримент із застосуванням прозорої труби.

Візуальне спостереження за поширенням рідини в модельному піску при різному часі ін'єктування показало наступне:

1) при ін'єктуванні в модельний ґрунт, розчин через деякий час проявився на деякій відстані від сопла ін'єктора.

2) подальше нагнітання призвело до того, що розчин ін'єкції, ущільнивши пісок на деякій відстані, поступово почав заповнювати простір поблизу сопла ін'єктора.

3) зазначено, що з віддаленням від сопла ін'єктору спостерігається відфільтровування води від пігментних частинок.

Мета. Проаналізувати та встановити оптимальні параметри витікання рідини з отворів ін'єктора. Змоделювати механізм розповсюдження ін'єкційного розчину.

Основний текст. Остаточний вибір способу захисту повинен здійснюватися з урахуванням, перш за все, ефективності роботи екрану як геохімічного бар'єру, а також можливості його технічної реалізації. Ефективність екранування визначається властивостями матеріалу екрану, елементним складом і видом відходів. Оцінити її можна тільки шляхом розрахунку гранично-допустимого часу експлуатації екрану.

При математичному моделюванні процесів ін'єктування ґрунту першочерговим є завдання вивчення проникаючої здатності пористого середовища. При одній і тій же пористості,

але в різних типах ґрунтів проникаюча здатність різна. Здатність пористого середовища пропускати рідину характеризується проникністю. Її визначення пов'язане з основним законом руху рідини в пористому середовищі, який називається законом Дарсі.

Основне співвідношення теорії фільтрації називають законом фільтрації. Він встановлює зв'язок між вектором швидкості фільтрації і полем тиску, яке викликає фільтрацію.

Перші дослідження фільтрації рідини в пористих середовищах проведені французькими інженерами Дарсі і Дюпюї, роботи яких поклали початок теорії фільтрації [1]. При вивченні руху води через піщані фільтри встановлена експериментальна залежність:

$$Q = k_{\phi} \frac{\Delta H}{L} F \quad (1)$$

де Q – об'ємна витрата рідини через фільтр довжиною L і площею поперечного перерізу F ; ΔH – різниця напорів; $\frac{\Delta H}{L}$ – гідравлічний ухил; k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації (коефіцієнт пропорційності), представляє собою швидкість фільтрації при гідравлічному ухилі, що дорівнює одиниці. Коефіцієнт фільтрації має розмірність швидкості.

Об'ємна витрата нестисливої рідини при усталеній фільтрації за законом Дарсі в однорідному круговому пласті визначається за формулою Дюпюї:

$$Q = \frac{2\pi kh(p_k - p_c)}{\eta \ln(R_k/R_c)}, \quad (2)$$

Де h – товщина пласта;

R_c , R_k – відповідно радіуси свердловини та контуру пласта;

p_c , p_k – відповідно тиск у свердловині і тиск на контурі пласта.

Якщо $p_c > p_k$, то свердловина буде проявляти з дебітом Q , а при $p_c < p_k$ – поглинати.

Величина $\frac{kh}{\eta}$ називається гідропровідністю пласта.

Величина $\frac{Q}{(P_k - P_c)}$ при $p_c < p_k$ називається коефіцієнтом продуктивності свердловини.

Проаналізувавши вищенаведене, представляло інтерес визначення виду фільтрації в піщаному ґрунті при ін'єкції, тобто ламінарна або турбулентна. Оскільки ці види фільтрації описуються різними законами.

Відповідно до закону Дарсі, швидкість ламінарної фільтрації можна виразити рівнянням:

$$W = K_\phi I \quad (3)$$

де, K_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунту, I – гідравлічний градієнт, який визначається з виразу:

$$I = \frac{P_1 - P_2}{h} \quad (4)$$

Вивченню коефіцієнта фільтрації присвячені роботи багатьох дослідників. У теорії фільтрації відомі математичні вирази, виведені Зельгеймом, Алланом Газена, Заурбресом І.І., Замариним Є.А., Крюгером, Донатом. При лабораторних дослідженнях фільтраційних властивостей ґрунтів цей показник обчислюється з виразу:

$$K_\phi = \frac{864h}{tT} f \left[\frac{S}{H_0} \right] \quad (5)$$

де h – висота зразка ґрунту в трубі, см; 864 – переводний коефіцієнт з см/с в м/доба; t – час падіння рівня води, с; $T = (0,7 + 0,03T_\phi)$ – температурна поправка в умовах фільтрації води при температурі 10°C; T_ϕ – фактична температура води під час дослідів; S – спостережуване падіння рівня води в п'єзометр, яке відраховується від початкового рівня, см; H_0 – початковий тиск, см; $f = \left[\frac{S}{H_0} \right]$ – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за таблицями.

Однак, при нагнітанні рідини в ґрунт для утворення протифільтраційних екранів відбувається хаотичне перемішування ґрунту з розчином. Тому, перш за все, необхідно змодельовати та уявити механізм розповсюдження ін'єкційного розчину. Це дасть змогу зробити висновки

відносно можливого радіусу поширення розчину та відповідно і його об'єму. На ці характеристики впливають самі параметри технологічного процесу ін'єктування, такі як час та тиск нагнітання.

Для виконання головного завдання – проникнення ін'єкційного розчину максимально в товщу ґрунту, зіткнення частинок ґрунту і розчину не повинні викликати значного переміщення частинок і їх ущільнення, а також необхідно уникнути умов, при яких частинки стикаються при зустрічному русі. Для цього необхідно забезпечити рух частинок в одному напрямку і при цьому забезпечити їх зіткнення і зміну орієнтування. Це можливо здійснити в турбулентному потоці, при якому рідина здійснює несталий безладний рух по складних траєкторіях. При цьому швидкість в кожній точці потоку хаотично змінюється [2, 3]. Головною умовою виникнення турбулентності при течії в'язких рідин є переважання сил інерції при досить великих швидкостях руху. Критерієм оцінки виду течії є число Рейнольдса $Re = \rho v l / \eta = v / \nu$, де v і l – характерні швидкість і лінійний розмір, а ρ , η , ν – щільність, динамічна і кінематична в'язкість рідини [2]. При цьому завжди існує таке критичне число Рейнольдса, $Re_{кр}$, при якому здійснюється турбулентний потік, $Re > Re_{кр}$.

Наведене вище рівняння (3) – лінійний закон фільтрації (закон Дарсі), відповідно до якого залежність між вектором швидкості і градієнтом тиску лінійна. У ряді випадків при фільтрації рідини спостерігаються відхилення від лінійного закону. Межу застосовності закону Дарсі пов'язують з деяким критичним значенням числа Рейнольдса $Re_{кр}$. Число Re може бути визначено за формулами:

Щелкачова:

$$Re = \frac{10}{m^{2.3}} \times \frac{w\sqrt{k}}{\nu}, \quad (Re_{кр} = 1 \dots 12); \quad (6)$$

Міллєнщикова:

$$Re = \frac{w\sqrt{k}}{m^{1.5}\nu}, \quad (Re_{кр} = 0,02 \dots 0,29), \quad (7)$$

де ν – кінематична в'язкість рідини.

Загальний вигляд рівняння нелінійного закону фільтрації:

$$w = -c \left(\frac{dp}{dx} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (8)$$

де $\left(\frac{dp}{dx} \right)$ – градієнт тиску; c – коефіцієнт пропорційності; n – показник закону фільтрації. При $n = 2$ отримуємо нелінійний закон фільтрації Краснопольського.

Узагальнена двочленна формула нелінійних законів фільтрації:

$$i = aw + bw^2, \quad (9)$$

де i – гідралічний нахил; a , b – коефіцієнти, що визначаються експериментально.

Широке поширення отримала емпірична залежність, яка узагальнює нелінійні закони фільтрації, яка називається двочленною формулою Форхгеймера:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu}{k} w + \beta \frac{\rho}{\sqrt{k}} w^2, \quad (10)$$

де β – експериментальна константа пористого середовища.

Таким чином, на основі досліджень вчених, та виведених ними закономірностей можливо зробити наступні висновки: у турбулентному потоці частки періодично стикаються одна з одною в зонах перетину траєкторій, в зонах можливих завихрень і в зонах змінних швидкостей руху сусідніх потоків за схемами, наведеними на рис. 1.

Це пов'язано з тим, що при середній швидкості турбулентного потоку струменя V_c на кожну частку можуть впливати мікропотоки, кожен зі своєю абсолютною швидкістю $V_{1c} \neq V_{2c}$. У разі нерівності мас частинок, що контактують, $m_1 \neq m_2$, кожна з них набуває власний момент кількості руху $V_1 \times m_1 \neq V_2 \times m_2$. Крім того, омивання частинок потоками струменя з різною швидкістю над і під часткою, викликає перепад тисків, індивідуальний для кожної частки в агрегаті, і прагне закрутити частку навколо центру ваги. З урахуванням того,

що в рідкому середовищі сили міжчасткових взаємодій можуть зменшитися на порядок [4, 5, 6, 7], сукупні гідродинамічні впливи приведуть до зсуву часток одна відносно одної. Багаторазові гідродинамічні впливи на частинки повинні привести до руйнування контакту між ними. В результаті, в турбулентному потоці кожну частинку системи ґрунту слід розглядати як вільну частку і враховувати при технологічних розрахунках.

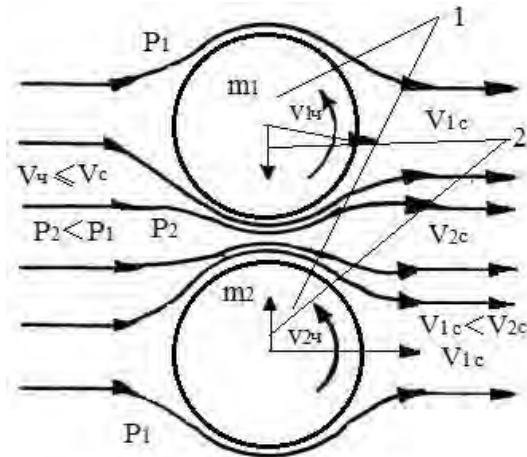


Рис. 1. Схема взаємодії часток в турбулентному потоці при їх русі сусідніх потоках: 1 – частинки ґрунту; 2 – сили гідродинамічного притягування часток; $V_{ч}$ – середня швидкість потоку; V_1 , V_2 – абсолютні швидкості вихрових "ниток"; m_1 , m_2 – маса частинок; P_1 , P_2 – тиск

Аналіз літературних даних [2] показав, що при витіканні рідини з отворів ін'єктору швидкість по довжині течії безперервно падає з одночасним підвищенням тиску і поблизу часток виникає протилежно спрямований напрямок течії. Це викликає мимовільне виникнення поверхні розриву, що веде до утворення вихорів, рис. 2.а. При цьому вихори що утворюються, забезпечують досить складні траєкторії руху поза частинками ґрунту, рис. 2.б.

Сумісна дія конфузорового характеру течії в горизонтально розташованій трубі з примусово утвореною дифузоровою течією за її межами, викликає горизонтальне переміщення шарів рідини з утворенням вихрових зон і призводить до досить складних траєкторій частинок, що часто перетинаються, рис. 2.б.

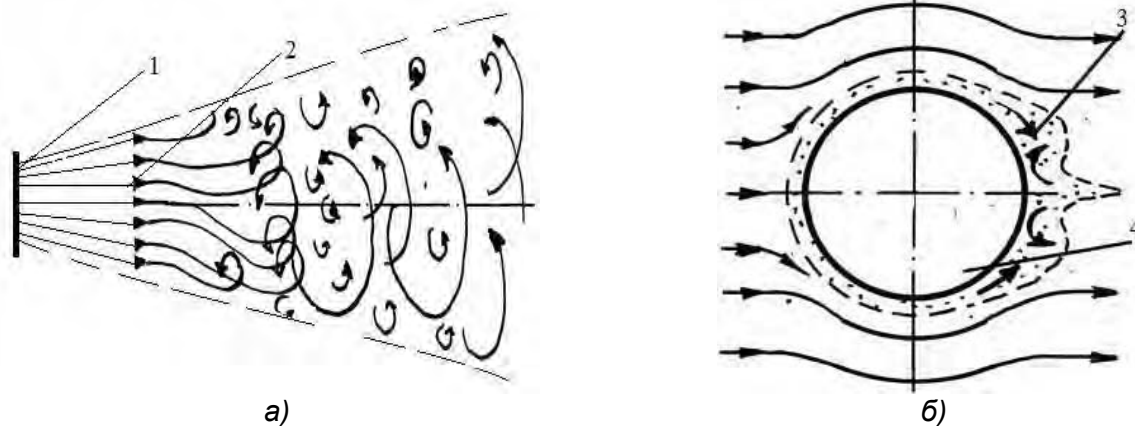


Рис. 2. Схеми виникнення турбулентного потоку при виході струменю з отвору ін'єктора (а), за часткою ґрунта (б)

1 – отвір ін'єктору; 2 – горизонтальна складова турбулентного потоку; 3 – зона виникнення вихорів поза часткою; 4 – частка ґрунту

Якщо припустити, що в процесі руху частинок в таких складних потоках, відбувається їх обертання, то при кожному черговому зіткненні частинок розчину з частинками ґрунту може відбуватися уповільнення їх переміщення, що уповільнює процес розтікання рідини. Для забезпечення якомога тривалішого періоду розтікання необхідно вибрати оптимальні час і тиск ін'єкції. Це необхідно для уникнення передчасного утворення ущільненого ґрунту безпосередньо в затрубному просторі.

Висновки.

1. Встановлено що на радіус поширення розчину впливають такі параметри як час та тиск нагнітання.

2. У результаті моделювання встановлено що потік є турбулентним. Це обумовлює більш тривалий період розтікання рідини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Басниев К. С., Подземная гидромеханика / Учебник для вузов / К. С. Басниев, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. – М.: Недра, 1993. – 416 с.
2. Романенко П. Н. Гидродинамика и теплообмен в пограничном слое / П. Н. Романенко. – М.: Энергия, 1974. – 464 с.
3. Шейкин А. Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня / А. Е. Шейкин – М.: Стройиздат, 1974. – 192 с.
4. Амелина Е. А. Сцепление

разнородных частиц на воздухе и в жидкости / Е. А. Амелина, В. В. Яминский, Р. З. Сюнаева, Е. Д. Щукин // Коллоидный журнал. – 1982. – № 4. – С. 640 – 644.

5. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы / Н. Б. Урьев. – М.: Химия, 1980. – 320 с.

6. Урьев Н. Б. Коллоидные цементные растворы / Н. Б. Урьев, И. С. Дубинин. – Л.: Стройиздат, 1980. – 192 с.

7. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1982. – 400 с.

REFERENCES:

1. Basniev K. S., Kochina I. N., Maksimov V. M. (1993). Underground hydromechanics. Textbook for high schools. Moscow, Russia: Nedra, 416.
2. Romanenko P. N. (1974). Hydrodynamics and heat transfer in the boundary layer. Moscow, Russia: Energia, 464.
3. Sheikin A. E. (1974). Structure, strength and crack resistance of cement stone. Moscow, Russia: Stroizdat, 192.
4. Amelina E. A., Yaminsky V. V., Sunaeva R. Z., Shchukin E. D. (1982). Coupling of dissimilar particles in air and in a liquid. Colloid Journal. № 4. 640 – 644.
5. Uryev N. B. (1980). Highly concentrated disperse systems. Moscow, Russia: Chemistry, 320.
6. Uryev N. B., Dubinin I. S. (1980). Colloidal cement mortars. Leningrad, Russia: Stroizdat, 192.

7. Frolov Yu. G. (1982). Course of colloid chemistry. Moscow, Russia: Chemistry. 400.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена разработка новой технологии для защиты подземного пространства от техногенных загрязнений. Основу технологии составляет использование искусственных противодиффузионных экранов с недефицитных материалов и небольших финансовых затрат. Проанализированы математическое моделирование процессов инъецирования грунта, фильтрацию, давление и распространения раствора.

Ключевые слова: защита подземного пространства, разработка технологии, противодиффузионный экран, математическое моделирование, инъецирование грунта.

ANNOTATION

Considered the development of new technologies for the protection of underground space from man-made pollution. The basis of the technology is the use of synthetic geomembrane material with no deficit and no large financial costs. Compared to the use of natural varieties of clay, cement and materials based on acrylate. Powered modeling of soil permeability in filtering liquids. Analyzed the mathematical modeling of soil injection, filtration, pressure and distribution solution.

Keywords: protection of underground space, technology development, geomembrane, Mathematical Modeling, soil injection.

УДК 621.873:551.557

Пашинський В.А., д.т.н., проф.,
Карпушин С.О., к.т.н., доц.,
ЦНТУ, м. Кропивницький
Карюк А.М., к.т.н., доц.,
ПолтНТУ, м. Полтава

ДОЦІЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖЕНЬ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ УКРАЇНИ

Розроблена методика визначення доцільного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за критерієм мінімуму річних приведених витрат на опалення. Для кліматичних умов двох температурних зон України отримані та виражені аналітично залежності доцільного опору теплопередачі стін, суміщених покрівель, горищних перекриттів та перекриттів над підвалами від вартості теплової енергії. Отримані результати вказують на необхідність збільшення опору теплопередачі в умовах зростання вартості енергоносіїв.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, опір теплопередачі, енергозбереження.

Постановка проблеми. Огорожувальні конструкції цивільних будівель проектується за мінімально необхідним опором теплопередачі, який встановлено чинними нормами проектування. Зростання вартості теплової енергії, яке відбувається останнім часом, призводить до збільшення витрат на опалення, що можна компенсувати зменшенням втрат тепла за рахунок поліпшення теплових характеристик огороджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огорожувальні конструкції будівель в Україні повинні відповідати вимогам норм [1], котрі встановлюють мінімально необхідні значення опору теплопередачі залежно від виду