УДК 624.138.2.678.063

КОРЕГУВАННЯ ПОКАЗАНЬ МАНОМЕТРА ПРИ ВИМІРЮВАННІ ТИСКУ В ҐРУНТІ ПНЕВМАТИЧНИМИ ПРЕСІОМЕТРАМИ

М.Я. Довжик, кандидат технічних наук
Б.Я. Татьянченко, кандидат технічних наук
О.О. Соларьов, аспірант
Сумський національний аграрний університет

У статті запропонована методика, за допомогою якої можна більш точно підібрати тиск у повітряній камері пневматичного пресіометра при вимірюванні тиску в ґрунті.

Напруження, пресіометр, деформація.

Постановка проблеми. Пресіометри знайшли широке застосування при оцінці деформаційних властивостей ґрунтів в стінах бурових свердловин, для вимірювання переміщень в ґрунті при будівництві будинків і споруд, а також для випробування ґрунтів статичними навантаженнями з метою визначення їх пружних характеристик.

Аналіз останіх досліджень. Відомі конструкції як гідравлічних, так і пневматичних пресіометрів. Основними робочими елементами пневматичного пресіометра є еластична камера (рис. 1), в яку подається стисле повітря, і манометр 2 для виміру тиску повітря.

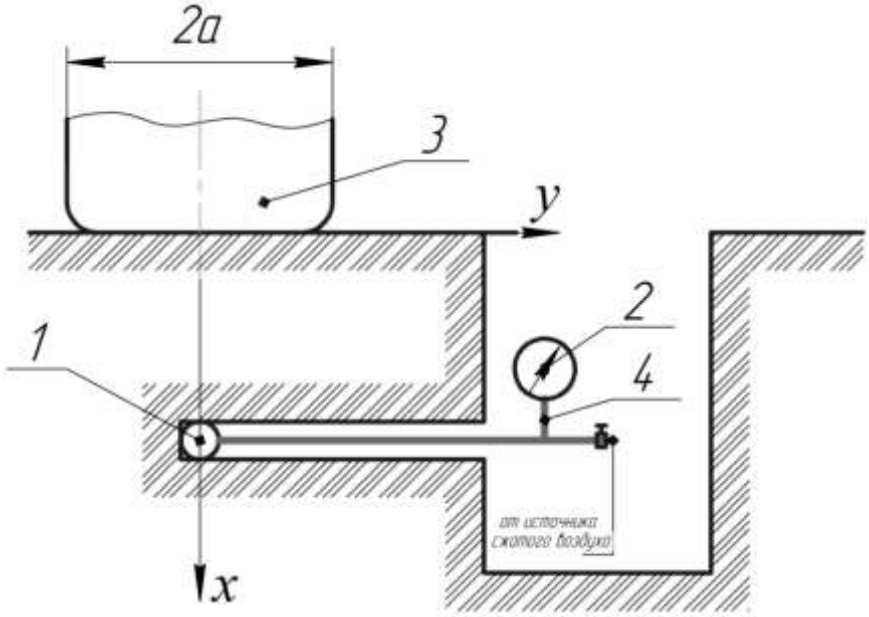

Рис. 1. Схема вимірювань тиску в ґрунті.

© М.Я. Довжик, Б.Я. Татьянченко, О.О. Соларьов, 2014

Метою досліджень є вивчення особливостей вимірювання напруження в ґрунті за допомогою пневматичного пресіометра та раціональний підбір тиску в повітряній камері приладу.

Результати досліджень. У нашому випадку виникла необхідність у вимірюванні тиску в різних точках масиву ґрунту під колесом 3 транспортного засобу з метою перевірки теоретичних результатів, отриманих у ході роботи [2]. Особливістю цього експерименту є малість вимірюваних тисків (порядку сотих доль *МПа*), при цьому на показники манометра впливає повітря, що знаходиться в сполучних шлангах 4. У зв'язку з цим показники манометра не відповідають тиску ґрунту на пневматичну камеру, тому виникла необхідність у корегуванні цих показників.

Зміна тиску повітря в системі і його об'єму в цьому випадку незначні, тому температура повітря практично залишається постійною. Це так званий ізотермічний процес, при якому тиск газу на його об’єм можна вважати постійним [4]. Нехай V_1 – об'єм повітря в камері, яке вимірюється під тиском ґрунту, а V_2 – об’єм повітря в шлангах, яке при достатній їх жорсткості залишається незмінним.

Розглянемо два випадки.

1. Камера ізольована і тиск в ній змінюється від початкового p_0, створеного в системі за допомогою якого-небудь джерела стислого газу, до вимірюваного тиску p, який виникає при наїзді колеса на досліджувану точку. Зменшення об'єму ΔV камери знайдемо з умови:

$$p_0 V_1 = p(V_1 - \Delta V), \text{ звідки } \Delta V = V_1 \frac{p - p_0}{p}.$$

2. Для всієї системи можна записати:

$$p_0(V_1 + V_2) = p_M(V_1 - \Delta V + V_2),$$

де p_M – показники манометра; V_2 – обєм повітря в шлангах.

Виключаючи з останнього рівняння ΔV, отримуємо формулу для перерахунку показників манометра в дійсні значення тиску p:

$$k = \frac{p}{p_M} = \frac{1}{1 + \alpha\left(1 - \frac{p_M}{p_0}\right)}, \quad \text{де } \alpha = \frac{V_2}{V_1}.$$

При великому об'ємі еластичної камери і коротких шлангах вплив повітря в шлангах незначний і при $\alpha \to 0$, $p = p_M$.

Якщо ж необхідно вимірювати тиск в певних точках неоднорідно напруженого ґрунту, то об’єм камери має бути за можливістю мінімальним. Тоді він стає близьким до об’єму повітря в шлангах і виникає необхідність у корегуванні показників манометра.

На рис. 2 представлені графіки відношення k у залежності від відношення p_M/p_0 для різних значеннь α. Вони охоплюють усі можливі практичні випадки. Крім того, з цих графіків можна отримати інформацію для правильного вибору початкового тиску p_0, з тим щоб

при відомому відношенні α відношення $k = p/p_M$ не було занадто великим для діапазону очікуваних показників манометра p_M.

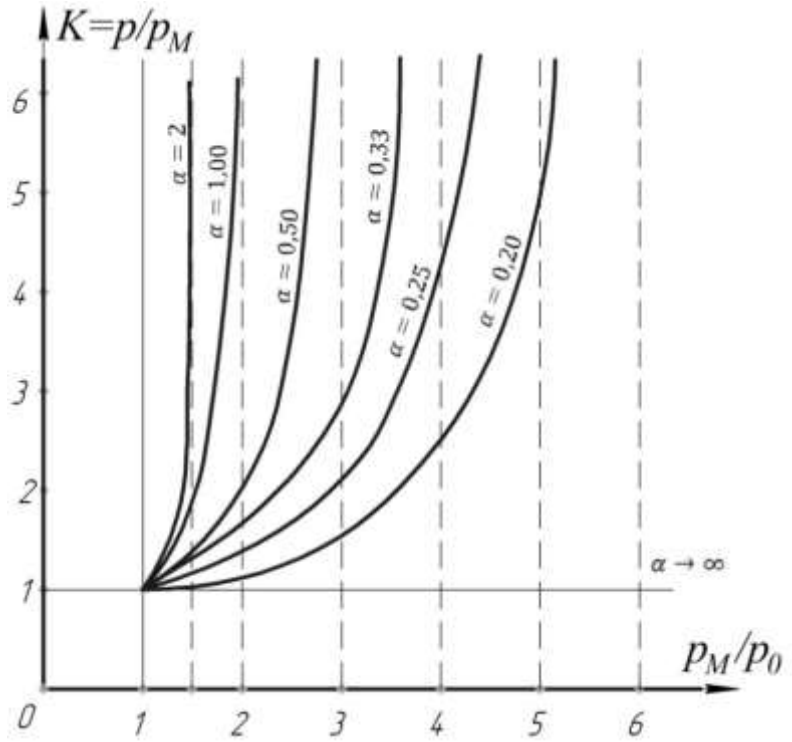

Рис. 2. Графіки зміни $k = k(p_M/p_0)$.

У нашому випадку відношення об'ємів повітря в шлангах і в камері $\alpha = 1$ при фактичних їх значеннях $V_1 = V_2 = 34{,}0$ см^3. Середні вимірювані напруження, що створюються в ґрунті трактором: $p_{\text{ср1}} = p_1 - p_0;\ p_{\text{ср2}} = p_2 - p_0$.

Теоретичне напруження визначалося згідно з методикою, представленою в роботі [2]: для отримання розрахункових напружень σ_x, σ_y і σ_z (вісь z на рис. 1 перпендикулярна площині креслення) необхідно множити відношення величини відповідного напруження, представленого на рис. 3 на питомий тиск між колесом трактора і поверхнею ґрунту.

Як відомо, повна деформація елемента пружного середовища складається зі зміни форми цього елементу і зміни його об'єму. Остання складова пропорційна середньому з трьох взаємно перпендикулярних напружень:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3},$$

яке і дорівнює тиску в цій точці.

Результати вимірів і розрахунків зведені в табл. 1. Теоретичні значення σ_x, σ_y, σ_z і середнього напруження $\sigma_{\text{ср}}$ приведені тут для випадку статичного навантаження, тобто при вимкненому двигуні трактора.

1. Значення виміряного тиску у ґрунті (МПа).

x	0	$м1$	$м2$	1	2	$ср1$	$ср2$	σ_x	σ_y	σ_z	$\sigma_{ср}$	$м/p_0$
0,5*a*	0,110	0,132	0,129	0,165	0,156	0,055	0,046	0,076	0,036	0,028	0,047	1,173
a	0,113	0,128	0,125	0,148	0,140	0,035	0,027	0,065	0,015	0,020	0,033	1,106
1,5*a*	0,114	0,123	0,123	0,134	0,134	0,020	0,020	0,054	0,006	0,015	0,025	1,079
2*a*	0,110	0,116	0,116	0,123	0,123	0,013	0,013	0,044	0,003	0,012	0,020	1,055
2.5*a*	0,114	0,115	0,115	0,116	0,116	0,002	0,002	0,037	0,002	0,009	0,016	1,409
0,5*a*	0,111	0,133	0,130	0,166	0,157	0,055	0,046	0,072	0,031	0,026	0,043	1,17
a	0,110	0,124	0,122	0,142	0,137	0,032	0,027	0,059	0,015	0,0184	0,0308	1,109
1,5*a*	0,113	0,123	0,121	0,135	0,130	0,022	0,017	0,049	0,008	0,014	0,024	1,071
2*a*	0,110	0,115	0,114	0,120	0,118	0,01	0,008	0,041	0,004	0,011	0,019	1,036
2.5*a*	0,112	0,113	0,113	0,114	0,114	0,002	0,002	0,035	0,0026	0,009	0,0155	1,009
0,5*a*	0,111	0,125	0,123	0,143	0,138	0,032	0,027	0,04	0,028	0,017	0,028	1,108
a	0,113	0,123	0,122	0,133	0,134	0,02	0,021	0,038	0,018	0,014	0,023	1,08
1,5*a*	0,112	0,120	0,118	0,129	0,13	0,017	0,018	0,036	0,011	0,012	0,02	1,054
2*a*	0,110	0,117	0,115	0,125	0,123	0,015	0,013	0,033	0,007	0,01	0,017	1,05
2.5*a*	0,110	0,115	0,114	0,120	0,122	0,01	0,012	0,03	0,005	0,009	0,015	1,036

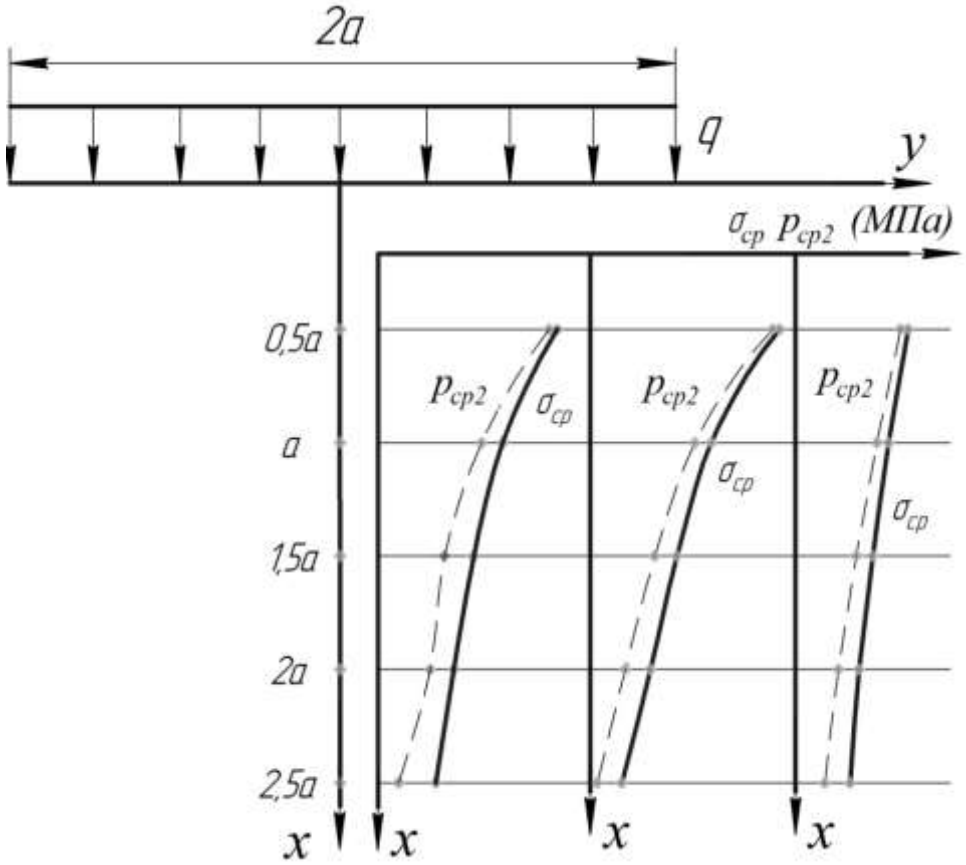

Рис. 3. Графіки зміни середнього теоретичного напруження $\sigma_{\text{ср}}$ і виміряного тиску $p_{\text{ср2}}$.

Висновки

Напруження у ґрунті мають досить складний характер, які насамперед пов'язаний з його властивостями. Розбіжність дослідних і розрахункових величин складає від 2% до 10%, і воно тим більше, чим менший тиск. Досліди показали достатню відповідність теоретичних і практичних значень напружень у ґрунті. Це означає, що при відносно невеликих навантаженнях ґрунти показують лінійно-пружну реакцію і для дослідження пружньо-деформованого стану ґрунту можна використовувати лінійну залежність між напруженнями та деформацією. Закон Гука не працює при великих навантаженнях, які мають місце при проектуванні фундаментів під важкі побудови. Як відомо, на підошвах фундаментів високих будівель напруження можуть досягати 0,6 – 0,8 *МПа.*

Однак і в нашому випадку, не зважаючи на малі напруження, виникають залишкові деформації. В таблиці наведено порівняння результатів вимірювання напружень у таких випадках: при наїзді колеса на вимірювану точку, коли двигун машини працює, при вимкненому двигуні, а також при повторному включенні двигуна і після з'їзду колеса з дослідної точки.

Список літератури

1. *Гуцол О.П.* Фізичні рівняння деформування ґрунту з суттєвим проявом в'язкопластичних властивостей / *О.П. Гуцол, В.П. Ковбаса, В.П. Курка* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – Вип. 166. – Ч. 2. – С. 141–153.
2. *Довжик М.Я.* Напружено-деформований стан ґрунту під слідом колеса транспортного засобу / *М.Я. Довжик, Б.Я. Татьянченко, О.О. Соларьов* // Матеріали міжнар. науково-практ. конф. [«Науково-технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві»], (Мінськ, 28-30 листопада, 2013 р.) / М-во сільського господарства і продовольства республіки Білорусь, Білоруський державний аграрний технічний університет. – Мінськ, 2013. – С. 57–62.
3. *Інженерна* геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / [*Зоценко М.Л., Коваленко В.І.* та ін.] ; за ред. *М.Л. Зоценко*. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 554 с.
4. *Попеску С.* Експериментальне дослідження центральної системи регулювання тиску для сільськогосподарських тракторних шин у відповідності із властивостями ущільнення ґрунту й умовами транспортування / *С. Попеску, Р. Кюрерца, Е. Войцу, Ф. Логхін* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010 – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 78–86.

В статье предложена методика, с помощью которой можно более точно подобрать давление в воздушной камере пневматического прессиометра при измерении давления в почве.

Напряжение, прессиометры, деформация.

The paper proposes method by which it is possible to more accurately pick up pressure in air chamber of pneumatic pressure measurements pressuremeter soil.

Stress, presiometr, deformation.

УДК 519.21

СЛАБОЗБУРЕНА ЛІНІЙНА КРАЙОВА ЗАДАЧА ДЛЯ СИСТЕМ З ІМПУЛЬСНОЮ ДІЄЮ

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Запропонована схема знаходження коефіцієнтних умов існування розв'язків слабо збурених лінійних крайових задач для систем з імпульсною дією в фіксовані моменти часу.

Матриця Гріна, задача Коші, матриця-ортопроектор, узагальнений оператор Гріна, метод Вішіка-Люстерніка.

© Р.Ф. Овчар, 2014