

2. Деркач, В. М. Об энергоэффективности наружного стенового ограждения каркасных зданий / В. М. Деркач, А. Я. Найчук // *Архитектура и строительство*. – 2011. – №1. – С. 39–43.
3. Журина, Н. Энергоэффективные легкие ограждающие конструкции / Н. Журина, Р. Кузьмичев // *Архитектура и строительство*. – 2008. – №2. – С. 93–97.
4. Пашков, А. Новые направления применения металлических конструкций для надстройки существующих зданий / А. Пашков, В. Дзизин, Р. Кузьмичев // *Архитектура и строительство*. – 2005. – №1. – С. 115–118.
5. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К. : Мінбуд України, 2006. – 70 с.
6. Руководство по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий. – М. : НИИСФ Госстроя СССР, 1985. – 141 с.
7. *Blachy Pruszyński*. Каталог продукції. – 2011. – 16 с.

Надійшла до редакції 11.04. 2011

© В.В. Чернявський, В.О. Семко, О.І. Юрін, Д.А. Прохоренко

ВЛИЯНИЕ ПЕРФОРАЦИИ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В работе исследованы теплоизоляционная способность внешних стен гражданских зданий на основе каркаса из стальных профилей и зависимость теплофизических характеристик термопрофилей от типа перфорации.

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции, теплоизоляция, стена, термопрофиль.

THE INFLUENCE OF LIGHT GAUGE STEEL CONSTRUCTIONS PERFORATION TYPE ON ITS THERMAL CHARACTERISTICS

In the paper some heat insulation properties of steel stud outwalls of civilian buildings and dependence of slotted steel wall studs thermal characteristics on perforation type are investigated.

Key words: light gauge steel constructions, heat insulation, wall, perforated sections.

М.Л. Зоценко, д.т.н., проф., Ю.Л. Винников, д.т.н., проф., А.В. Яковлєв, к.т.н., доц., Р.О. Повзик, студент, О.В. Суходуб, студент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПРАКТИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ ЗВ'ЯЗНИХ ГРУНТІВ ПЕНЕТРАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

Здійснено кілька сотень комплексів пенетраційно-зрушувальних випробувань різних глинистих ґрунтів. Їх результати використано для визначення показників міцності ґрунту. Виявлена залежність між питомими опорами зрушенню τ і пенетрації R .

Ключові слова: зв'язні ґрунти, одноплощинне зрушення, пенетрація, кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення, взаємозв'язок.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Дослідження механічних властивостей глинистих ґрунтів доцільно виконувати за допомогою конічних наконечників. Поступове занурення їх у ґрунт на глибину h , яка не перевищує висоти наконечника, прийнято вважати пенетрацією. Цей метод вирізняє простота обладнання, висока точність і надійний контроль підсумків, можливість визначення показників міцності ґрунту будь-якої консистенції, а також одержання параметрів пенетрації, які мають чіткий взаємозв'язок із розрахунковим опором основи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Застосування методу пенетрації в ґрунтознавстві пройшло такі етапи розвитку [1 – 5]: 1) пенетрація для оцінювання консистенції глинистого ґрунту; 2) розроблення схем взаємодії конічних штампів і ґрунту; 3) обґрунтування взаємодії штампів і ґрунту з позицій теорії граничної рівноваги; 4) запровадження досліджень ґрунтів шляхом кулькових випробувань; 5) пропозиції до застосування питомого опору і показника пенетрації для встановлення взаємозв'язку фізико-механічних властивостей зв'язних ґрунтів; 6) застосування пенетраційних випробувань для кількісного оцінювання параметрів міцності глинистих ґрунтів.

Найбільше розповсюдження одержав метод випробування ґрунтів наконечником із кутом конічності $\alpha = 30^\circ$. Пенетрацію здійснюють ступеневим статичним навантаженням наконечника з фіксацією глибини його занурення на кожному ступені. Підсумки пенетраційних випробувань оцінюють узагальненим показником із рішень вісесиметричної задачі теорії граничної рівноваги. Граничне зусилля на штамп P , кН, визначають як

$$P = \pi \cdot r^2 \cdot (A_0 \cdot \gamma \cdot r + D_0 \cdot c), \quad (1)$$

де A_0 , D_0 – безрозмірні коефіцієнти, що залежать лише від кута внутрішнього тертя ґрунту φ ; c – питоме зчеплення, кПа; γ – питома вага ґрунту, кН/м³; r – радіус колового штампа, м.

Умовою використання виразу (1) є ідентичність характеру випирання ґрунту під штампом і наконечником, а окреслення ущільненого ядра під штампом незмінне і має вигляд конуса з кутом розкриття, близьким до 90° . Використовуючи відношення між висотою ядра і радіусом штампа, маємо

$$r = h \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2. \quad (2)$$

Тоді формула (1) матиме вигляд

$$P = A_0 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^3 \alpha / 2 \cdot \gamma \cdot h^3 + D_0 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha / 2 \cdot c \cdot h^2. \quad (3)$$

При пенетраційних випробуваннях зв'язного ґрунту з малим кутом внутрішнього

тертя ($\varphi \rightarrow 0$) коефіцієнт A_0 у формулі (3) близький до нуля. Тоді граничне зусилля на штамп або наконечник установлюють за виразом

$$P = (D_0 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha / 2 \cdot c) \cdot h^2. \quad (4)$$

Поділивши обидві частини на h^2 і позначивши вираз у дужках як R , маємо узагальнений показник penetрації $R = P/h^2$, який залежить від питомого зчеплення зв'язного ґрунту c та кута α . Для конкретного фізичного стану ґрунту як зчеплення, так і питомий опір penetрації R є величинами постійними, але такими, що не залежать від зусилля penetрації та глибини занурення наконечника h . Тобто зі зміною P і h відношення P/h^2 , починаючи з деякої глибини, залишається незмінним.

Наявність тертя у зв'язному ґрунті впливає на вираз (4) за рахунок появи першого члена. Якщо мати на увазі мінливість у зв'язних ґрунтах параметрів ($\varphi = 7 \div 30^\circ$, $c = 9 \div 81$ кПа, $\gamma = 18,5 \div 21,6$ кН/м³ і $h = 1 \div 2$ см), вплив першого члена на R незначний, а незалежність (інваріантність) питомого опору penetрації завжди виявляється однозначно [4].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Дані penetраційних випробувань зв'язних ґрунтів і питомий опір penetрації R можливо використати для визначення показників міцності ґрунту φ та c . Необхідне проведення принципово різних методів установлення показників міцності чи penetрація наконечниками з різними кутами α . Норми [6, 7] penetрацію майже не використовують, а наявність в опорі глинистого ґрунту зрушенню двох параметрів міцності φ і c ускладнює використання penetрації.

За **мету роботи** прийнято розвиток методики визначення показників міцності глинистих ґрунтів φ та c [8] за питомим опором penetрації R .

Виклад основного матеріалу дослідження. В основу розрахунку кута φ глинистих ґрунтів покладена умова пропорційності між c і R на базі теорії граничної рівноваги ґрунту від занурення конічного наконечника [2]

$$c = K_\varphi \cdot R, \quad (5)$$

де K_φ – функція пропорційності, що залежить від кута конічності α та безрозмірного коефіцієнта M_φ , який, у свою чергу, є функцією кута φ , чи

$$K_\varphi = 1 / (D_0 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha / 2). \quad (6)$$

В. Березанцев для кутів $\varphi = 0 \div 20^\circ$ і наконечника з $\alpha = 30^\circ$ розрахував коефіцієнти M_φ та K_φ для: $\varphi = 0^\circ$, $M_\varphi = 16,0$ і $K_\varphi = 0,87$; $\varphi = 10^\circ$, $M_\varphi = 21,5$ та $K_\varphi = 0,646$; $\varphi = 20^\circ$, $M_\varphi = 37,0$ і $K_\varphi = 0,376$. При цьому не враховано генезис ґрунту й методи визначення кута φ . В. Разорьонов [4] навів підсумки визначення K_φ за даними суміщених випробувань озерно-льодовикової глини (число пластичності $I_p = 20,4$ %). Досліди виконані пенетрометром ЛП-1 з приставкою обертального зрушення комбінованим наконечником із кутом $\alpha = 30^\circ$, що мав взаємно перпендикулярні крильця. Це дозволило в кожному експерименті одержати питомий опір penetрації, а після обертального зрушення – максимальний обертальний момент M_{max} . Далі, використовуючи константу наконечника K_τ , встановили питомий опір обертальному зрушенню τ . Ототожнюючи τ і c , визначили коефіцієнт $K_\varphi = c/R$ і величину кута φ .

Підсумки дослідів узагальнені графіком $c = f(R)$, з якого впливала величина K_φ як тангенса кута нахилу прямої, проведеної з початку координат до осі ординат. За умов близькості вологості та щільності ґрунту визначали середні значення R , c і K_φ . Виявилось, що величини K_φ дають кути φ , дуже близькі до отриманих В. Березанцевим [2].

На 60-ти ділянках Полтавщини здійснено 185 комплексів penetраційно-зрушувальних випробувань глинистих ґрунтів, що склало базу залежності між питомими опорами зрушенню τ і penetрації R . Методика дослідів включала:

1. Вирізання зразків у ріжучі кільця висотою 33 – 35 мм, діаметром 70 – 71 мм і визначення параметрів початкового фізичного стану ґрунту.
2. Проведення попереднього ущільнення зразків з їх замочуванням.
3. Penetraційні випробування зразків з обох боків 4 – 7 ступенями навантаження та визначення середнього значення \bar{R} .
4. Випробування зразків на швидке одноплощинне зрушення за консолідовано-дренованою схемою, пошук питомого опору зрушенню τ і показників міцності φ_{II} , c_{II} .
5. Визначення кінцевих вологості та щільності зразків ґрунту.
6. Визначення коефіцієнта $K_\varphi = c_{II} / \bar{R}$ для кожного з ПЕ.
7. Зіставлення величин K_φ з penetраційно-зрушувальних дослідів і φ_{II} за результатами консолідовано-дренованого зрушення $K_\varphi = f(\varphi)$.

Діапазон мінливості властивостей ґрунтів склав: $I_p = 1-18\%$; $\bar{R} = 60-600$ кПа; $c_{II} = 8-65$ кПа; $\varphi_{II} = 9-36^\circ$; $K_\varphi = 0,061-0,329$. Обробка матеріалів зрушення та penetрації показала, що її слід вести диференційовано, виділяючи окремо групу дослідів, пов'язаних із супіщаними ґрунтами, й групу дослідів, куди включені суглинки і глини. Виявилось, що найбільш ефективно взаємозв'язок показників penetрації та одноплощинного зрушення існує між \bar{R} і питомим опором зрушенню τ для умов $\sigma = const$. Обидва параметри характеризують міцність ґрунту й після статистичної обробки дають можливість установити залежність між R і τ . Тобто доцільно використати показник \bar{R} для розрахунків міцності ґрунту φ та c , які є базовими при отриманні розрахункового опору ґрунту в нормах [7].

На рис. 1 подана залежність $K_\varphi = f(\varphi)$, на рис. 2, а – між \bar{R} і τ при $\sigma = const = 100$ кПа для супісків (50 комплексів), а на рис. 2, б – ця ж залежність для суглинків і глин (понад 130 комплексів). У всіх випадках їх коефіцієнти кореляції $r \approx 0,8$, що для ґрунтів свідчить про тісний зв'язок.

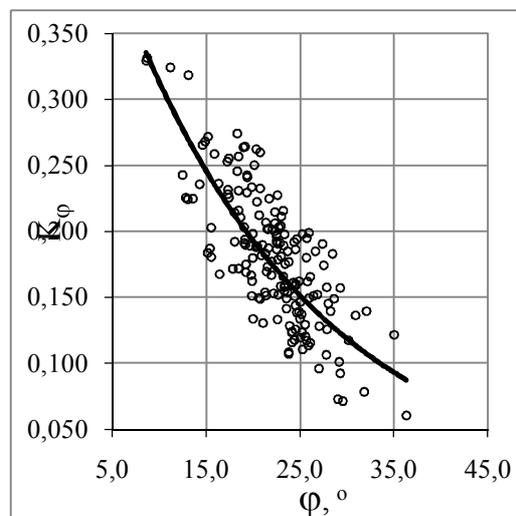


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта K_φ від кута φ

За результатами виявлення взаємозв'язку між питомими опорами penetрації \bar{R} та одноплощинного зрушення τ за умови $\sigma = const$ маємо

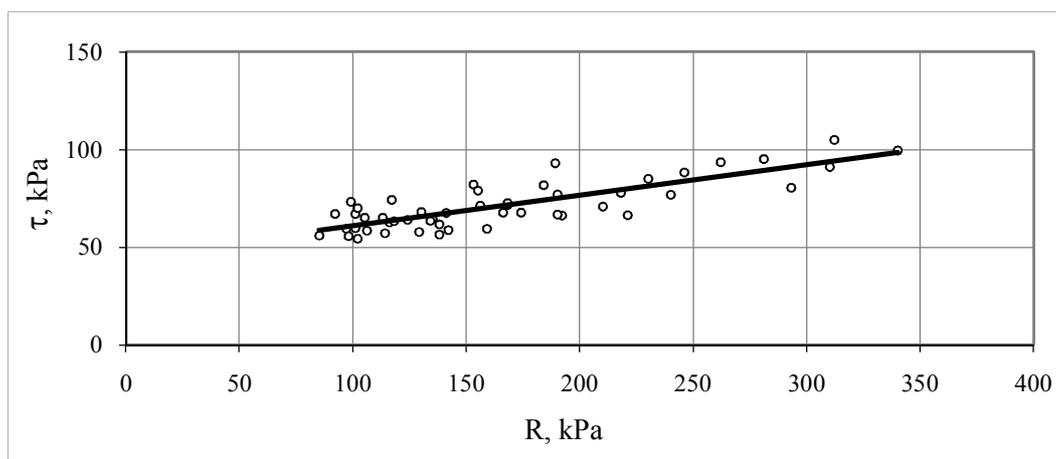
$$\sigma = 100 \text{ кПа}, \tau = 0,2156 \cdot \bar{R} + 36,86; \sigma = 200 \text{ кПа}, \tau = 0,5378 \cdot \bar{R} + 15,03.$$

$$\text{Тоді } tg \varphi_{II} = \frac{0,5378 \cdot \bar{R} + 15,03 - (0,2156 \cdot \bar{R} + 36,86)}{200 - 100} = 0,003 \cdot \bar{R} - 0,1883,$$

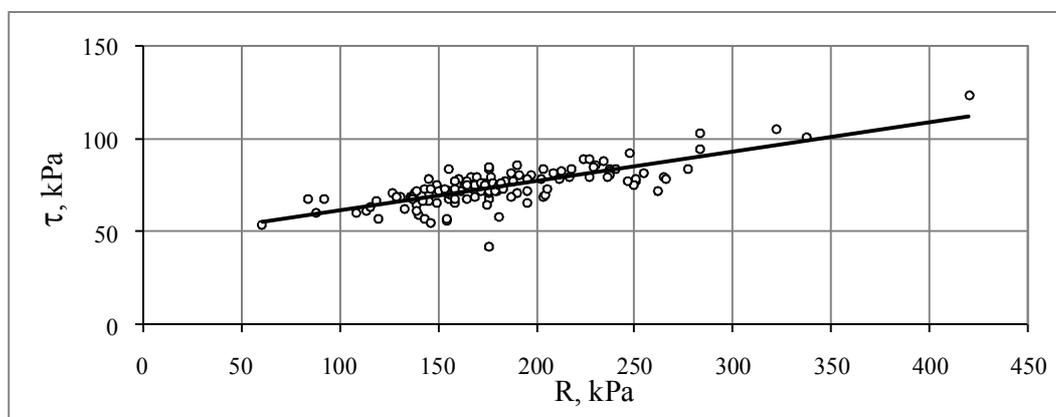
$$\text{а } c_{II} = (0,5378 \cdot \bar{R} + 15,03) - 200 \cdot (0,003 \cdot \bar{R} - 0,18) = -0,1062 \cdot \bar{R} + 32,68.$$

Наведемо приклад розрахунку. На зразках глинистого ґрунту після їх ущільнення і водонасичення одержане середнє значення $\bar{R} = 152,2$ кПа. Воно встановлене після 12-ти випробувань 6-ти зразків з обох боків кільця на глибину $h > 10$ мм. У підсумку одноплощинного зрушення цих же зразків маємо 12 значень питомого опору зрушенню τ , а після обробки – $\varphi_{II} = 16^\circ$ і $c_{II} = 36,4$ кПа. За виразами $\tau = f(\bar{R})$ маємо $\tau_{100} = 66,67$ кПа і $\tau_{200} = 96,89$ кПа відповідно при $\sigma = 100$ кПа та $\sigma = 200$ кПа. Тоді $tg \varphi_{II} = (96,89 - 66,67) / (200 - 100) = 0,302$; $\varphi_{II} = 16,8^\circ$; а $c_{II} = -0,1062 \cdot 152,2 + 52,69 = -16,16 + 52,69 \cong 36,5$ кПа.

Отже, результати встановленого взаємозв'язку між R і τ дали можливість визначити показники міцності дослідного суглинку ($I_p = 14,5\%$), які практично збіглися з даними одноплощинного зрушення.



а



б

Рисунок 2 – Залежність між питомими опорами penetрації \bar{R} та зрушення τ при $\sigma = const = 100$ кПа для: а – суглинків; б – суглинків і глин

Перевірку вірогідності узагальнень легко здійснити за даними табл. В.2 [7], в якій залежно від коефіцієнта пористості e , показника текучості I_L та коефіцієнта водонасичення S_r для глинистих ґрунтів наведені значення φ_{II} і c_{II} . Як приклад для напівтвердих глин визначимо (табл. 1) розрахункові величини K_φ та \bar{R} .

Таблиця 1 – Розрахункові значення коефіцієнта K_φ

	Коефіцієнт пористості e					
	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
$K_\varphi = f(\varphi)$	0,196	0,204	0,211	0,219	0,235	0,250
$\bar{R} = c_{II}/K_\varphi$	413	333	255,1	214,2	174,6	143,9
Питомі опори зрушенню τ , кПа, при σ , кПа						
$\sigma = 100$ кПа	119,0	104,0	88,4	79,5	69,7	60,9
$\sigma = 200$ кПа	157,7	140,8	122,9	112,0	98,3	85,8
$\sigma = 300$ кПа	190,2	177,2	157,2	144,8	127,0	110,8

Остаточне рівняння залежності $\tau = f(\bar{R})$, що не залежить від e ,

$$\tau = (11,75 + 0,206 \cdot \sigma) + (0,166 + 0,00047 \cdot \sigma) \cdot \bar{R} . \quad (7)$$

Отже, є можливість визначення показників міцності глинистого ґрунту φ_{II} та c_{II} за величиною середнього значення питомого опору penetрації \bar{R} ущільнених зразків після їх водонасичення ($S_r \geq 0,80$).

Аналогічні розрахунки і таблиці можна скласти й для інших величин показників консистенції глин, як і для суглинків або супісків. Підсумкові рівняння взаємозв'язку $\tau = f(\bar{R})$ доцільно встановлювати для широкого діапазону мінливості показника текучості $0 \leq I_L \leq 0,75$ у вигляді

$$\tau = A + B \cdot \sigma + (C + D \cdot \sigma) \cdot \bar{R} . \quad (8)$$

Автори [1, 9, 10] встановили, що для глинистих ґрунтів Полтавщини результати визначення R_∇ та показників φ і c , які досліджувалися на зразках однакового фізичного стану, мають коефіцієнт пропорційності $k_\varphi = c^H/R_\nabla$, тісно пов'язаний із кутом φ . До узагальнення ввійшли дані penetраційно-зрушувальних дослідів на зразках попередньо ущільненого й водонасиченого ґрунту з коливанням $R_\nabla = 85 \dots 262$ кПа, $\varphi^H = 8,7 \dots 26^\circ$, $c^H = 12 \dots 56$ кПа. Варіація коефіцієнта $k_\varphi = 0,118 \dots 0,329$.

Для оцінювання достовірності результатів узагальнення використані відомості табл. В.2 норм [7], де подано показники міцності глинистих четвертинних відкладів у водонасиченому стані ($S_r \geq 0,8$). За залежністю $k_\varphi = f(\varphi)$ для зазначених у таблиці кутів φ^H були розраховані коефіцієнти $k_\varphi = 0,094 \dots 0,366$, а за виразом $R_\nabla = c^H/k_\varphi$ і питомі опори penetрації $R_\nabla = 38 \dots 404$ кПа. Ураховуючи реальні варіації показників міцності глинистих ґрунтів Полтавщини, що були одержані при випробуваннях, розрахункові величини коефіцієнтів k_φ та питомого опору penetрації R_∇ дуже близькі. У табл. 2 за структурою норм [7] наведені величини R_∇ .

Установлено зв'язок між показником penetрації R_{∇} і розрахунковим опором ґрунту R , котрий визначають за формулою Е.1 [7] для фундаментів певного розміру (наприклад, при ширині підошви $b = 1,0$ м і глибині закладання $d = 1,5$ м). Приклади взаємозв'язку $R = f(R_{\nabla})$ для суглинку з різним значенням I_L подані в табл. 3.

Зв'язок між питомим опором penetрації R_{∇} та розрахунковим опором суглинку R для різних глибин закладання фундаменту d описується як

$$R = A \cdot R_{\nabla}^B, \quad (9)$$

де коефіцієнти для: $d = 1$ м $A = 6,84$; $B = 0,7084$ ($r = 0,999$); $d = 1,5$ м; $A = 9,44$; $B = 0,6678$ ($r = 0,999$); $d = 2$ м: $A = 12,08$; $B = 0,6394$ ($r = 0,998$).

Таблиця 2 – Характеристики міцності глинистих четвертинних відкладів

Вид ґрунту	Показник текучості	Характеристики	Коефіцієнт пористості e						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
супіски	$0 < I_L \leq 0,25$	c^H , кПа	21	17	15	13	-	-	-
		φ^H , град	30	29	27	24	-	-	-
		R_{∇} , кПа	223	159	116	79	-	-	-
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	c^H , кПа	19	15	13	11	9	-	-
		φ^H , град	28	26	24	21	18	-	-
		R_{∇} , кПа	161	106	79	55	38	-	-
суглинки	$0 < I_L \leq 0,25$	c^H , кПа	47	37	31	25	22	19	-
		φ^H , град	26	25	24	23	22	20	-
		R_{∇} , кПа	333	245	190	143	118	91	-
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	c^H , кПа	39	34	28	23	18	15	-
		φ^H , град	24	23	22	21	19	17	-
		R_{∇} , кПа	238	194	150	116	81	61	-
	$0,50 \leq I_L \leq 0,75$	c^H , кПа	-	-	25	20	16	14	12
		φ^H , град	-	-	19	18	16	14	12
		R_{∇} , кПа	-	-	113	86	62	50	40
глина	$0 < I_L \leq 0,25$	c^H , кПа	-	81	68	54	47	41	36
		φ^H , град	-	21	20	19	18	16	14
		R_{∇} , кПа	-	404	320	241	199	158	127
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	c^H , кПа	-	-	57	50	43	37	32
		φ^H , град	-	-	18	17	16	14	11
		R_{∇} , кПа	-	-	242	202	166	131	101
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	c^H , кПа	-	-	45	41	36	33	29
		φ^H , град	-	-	15	14	12	10	7
		R_{∇} , кПа	-	-	166	145	118	100	79

Висновки. Підсумки визначення питомого опору penetрації добре узгоджуються з розрахунковими величинами [7]. Для водонасиченого глинистого ґрунту існує майже функціональний зв'язок між показником penetрації та

коефіцієнтом пористості. Питомі опори зрушенню глинистих ґрунтів за умови однакового фізичного стану лінійно взаємопов'язані з відповідними середніми величинами питомого опору пенетрації. З виразу (8) за відомим \bar{R} легко визначити τ навіть при двох значеннях тиску σ , й далі показники міцності ґрунту φ_{II} і c_{II} , а з урахуванням коефіцієнтів надійності їх розрахункові величини φ_I та c_I . Доведена можливість прямого визначення розрахункового опору основи фундаментів за даними пенетраційних випробувань ґрунтів.

Таблиця 3 – Взаємозв'язок між питомим опором пенетрації R_{∇} і розрахунковим опором суглинку R для різних глибин закладення фундаменту d шириною $b = 1,0$ м

Показник текучості	Показники опору ґрунту	Коефіцієнт пористості e							
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	
$0 < I_L \leq 0,25$	R_{∇} , кПа	333	245	190	143	118	91	66*	
	R_f , кПа, при d , м	1,0	414	331	279	231	203	169	
		1,5	452	366	312	262	232	195	
		2,0	489	401	345	293	261	221	
τ , кПа	267	208	170	136	116	90	-		
$0,25 < I_L \leq 0,50$	R_{∇} , кПа	238	194	150	116	81	61	48*	
	R_f , кПа, при d , м	1,0	331	287	239	200	157	128	
		1,5	364	318	268	228	181	150	
		2,0	397	349	298	255	206	172	
τ , кПа	201	169	136	110	80	61			
$0,50 \leq I_L \leq 0,75$	R_{∇} , кПа	187*	144*	113	86	62	50	40	
	R_f , кПа, при d , м	1,0	-	-	195	161	128	108	90
		1,5	-	-	220	184	149	127	107
		2,0	-	-	244	207	169	144	103
τ , кПа	-	-	208	170	136	116	90		

* – за екстраполяцією.

Література

1. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев та ін.]. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 568 с.
2. Березанцев, В.Г. Расчет оснований сооружений / В.Г. Березанцев. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1970. – 270 с.
3. Geomaterial behavior and testing / P. Mayne, N. Coop, S. Springman, A.-B. Huang, J. Zornberg // Proc. 17th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Alexandria, Egypt: IOS Press, 2009. – P. 909 – 912.
4. Разоренов, В.Ф. Пенетрационные испытания ґрунтов: (теория и практика применения) / В.Ф. Разоренов. – М.: Стройиздат, 1980. – 248 с.
5. Sanglerat, G. The penetrometer and soil exploration - interpretation of penetrometer diagrams / G. Sanglerat // Elsevier Scientific Publishing Company, 1972. – 189 p.
6. EN 1997-1. 2004. Eurocode 7. Geotechnical Design. Part 1. General Rules CEN/TC 250/SC7. European Committee for Standardization, Brussels. – 166 p.
7. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.

8. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформативності. – К.: Мінрегіонбуд України, 1996. – 102 с.

9. Зоценко, М.Л. Пенетраційні експрес-методи визначення фізико-механічних властивостей зв'язних ґрунтів / М.Л. Зоценко, А.В. Яковлев, Ю.Л. Винников // *Діагностика в будівництві: сб. науч. тр.* – Дн.: ПГАСА, 2002. – Вып. 18. – С. 234–241.

10. Zotsenko, M. *Modern practice of determination of strength characteristics of cohesive soils by penetration methods* / M. Zotsenko, Y. Vynnykov, A. Yakovlev // *Proc. of the XIV Danube – European Conf. on Geotechnical Engineering.* – Bratislava. – 2010. – P. 245 – 253.

Надійшла до редакції 18.03. 2011

© Н.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, А.В. Яковлев, Р.А. Повзик, А.В. Суходуб

ПРАКТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ПЕНЕТРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Выполнено сотни комплексов пенетрационно-сдвиговых испытаний глинистых грунтов. Их результаты использованы для определения показателей прочности грунта. Выявлена взаимосвязь между удельными сопротивлениями сдвигу τ и пенетрации R .

Ключевые слова: *связные грунты, одноплоскостной срез, пенетрация, угол внутреннего трения, удельное сцепление, взаимосвязь.*

PRACTICE OF DETERMINATION OF STRENGTH PROPERTIES OF COHESIVE SOILS BY PENETRATION METHODS

A few hundred complex penetration-shear tests of different clay soils were performed. Its results were used for determination of soil strength indexes. Interaction between unit shear resistance τ and penetration R was found.

Key words: *cohesive soils, direct shear test, penetration, angle of internal friction, unit cohesion, interaction.*