

цієнта асиметрії досить точно апроксимуються рядами Фур'є з однією парою коефіцієнтів. Коефіцієнт ексцесу доцільно задавати середньорічним значенням. Ефективну частоту випадкового процесу середньодобової температури повітря можна вважати незмінною у часі й постійною для всієї території України. Імовірнісну модель істотно спрощують виявлені та описані алгебраїчними поліномами третього ступеня залежності стандартів і коефіцієнтів асиметрії від математичного сподівання.

1. СНиП 2.01.07-85. Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 36 с.

2. Бельшев И. А., Клепиков Л. В. Статистический анализ данных о температуре воздуха для расчета конструкций // Исследование нагрузок на сооружения и надежность строительных конструкций: Труды ЦНИИСК. Вып. 42. – М.: Стройиздат, 1976. – С. 7-23.

3. Пашинський В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України. – К.: УкрНДПроекстальконструкція, 1999. – 185 с.

4. Справочник по климату СССР. Ч. II. Температура воздуха и почвы. Вып. 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 608 с.

5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.

Отримано 09.01.2002

УДК 624.131.4

Ю. Л. ВИННИКОВ, канд. техн. наук

Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

### ДО МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОЗМІРІВ УЩІЛЬНЕНИХ ЗОН ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ З ЛІДИРУЮЧИМИ СВЕРДЛОВИНАМИ

Наведено приклад застосування рішення вісесиметричної пружно-пластичної задачі методом кінцевих елементів (МКЕ) для визначення розмірів ущільнених зон пірамідальних палів з лідируючими свердловинами. Порівнюються дані моделювання і натурних вимірів.

Як показали натурні дослідження [1], при зануренні пірамідальних палів у ґрунт через лідируючі свердловини розмір їх ущільнених зон і несуча здатність зменшуються. Але такі виміри для різних типорозмірів палів і видів ґрунтів є досить дорогими. Тому для розв'язання цієї проблеми є сенс скористатися рішенням вісесиметричної пружно-пластичної задачі МКЕ у фізично й геометрично нелінійній постановці, зокрема програмним модулем "PRIZ-Pile" для ПЕОМ [2].

Восьмивузлові ізопараметричні КЕ з квадратичним описом геометрії та поля переміщень за перерізом (з чотирма точками інтегрування) дають змогу використовувати прямокутну і криволінійну сітку КЕ. Вихідні параметри моделі ґрунту такі: залежність модуля дефор-

мації  $E_i$  від об'єму ґрунту (в компресійному кільці чи КЕ)  $V_i$  на  $i$ -му ступені тиску; залежність опору ґрунту зрізуванню  $\tau$  від нормального напруження  $\sigma$ ; питома вага ґрунту  $\gamma$ ; коефіцієнт Пуассона  $\nu$ . Особливості моделювання напружено-деформованого стану основи палі з лідируючими свердловинами розглянуті в роботі [3].

Приклад схеми поділу основи з лідируючою свердловиною діаметром 0,3 м і глибиною 2,3 м на КЕ для моделювання заглиблення через неї пірамідальної палі СП-0,8-3,6 наведено на рис.1 (свердловина обмежена вузлами 769, 577 і 566). Схема містить 240 КЕ з розмірами від 0,2x0,4 до 0,8x0,8 м і 789 вузлів, з яких 98 закріплених. Розрахункова область поєднує циліндр діаметром та висотою 8,0 м і усічений конус з діаметрами 8,0 та 9,2 м і висотою 3,6 м.

Дослідна ділянка [1] складена лесовим напівтвердим суглинком з вологістю  $w=0,21$  і щільністю сухого ґрунту  $\rho_d=1,355$  г/см<sup>3</sup>. Досліджували палі двох типорозмірів СП-0.8-3.6-0.1 (переріз голови 80x80 см і вістря 10x10 см, довжина 3,6 м) і СП-0.9-2.0-0.1 при діаметрі лідируючих свердловин 0,2-0,6 м.

Моделювання витиснення ґрунту при зануренні в нього палі виконували кроковим заданням вимушених переміщень вузлових точок на осі обертання розрахункової області (для палі без лідируючих свердловин) і за контуром свердловини (у випадку лідирування). Оскільки значення вимушених переміщень загальномірні з розмірами КЕ, на кожному кроці коректували вихідну розрахункову схему уточненням координат вузлів з урахуванням переміщень, отриманих на попередньому кроці. Із зміною координат помітно змінюються об'єми КЕ, що дає можливість уточнити характеристики ґрунту в кожному КЕ.

Фрагмент схеми деформування основи внаслідок заглиблення пірамідальної палі СП-0.8-3.6-0.1 наведений на рис.2.

Результати натурних досліджень і моделювання (сторона голови  $b_p$  й довжина  $h_p$  палі, розміри свердловин, відношення об'ємів свердловини й палі  $V_{п} / V_p$ , діаметр ущільненої зони  $D$ , співвідношення  $D/b_p$ , відносна похибка  $\delta$  між виміряними й змодельованими значеннями  $D/b_p$ ) зведені в таблицю.

З таблиці і рис.3 видно, що відносна похибка між даними моделювання та натурних вимірів не перевищує 6%, тобто маємо цілком задовільну їх збіжність. Залежність між відношенням об'єму свердловини до об'єму палі та відношенням діаметра зони ущільнення до ді-

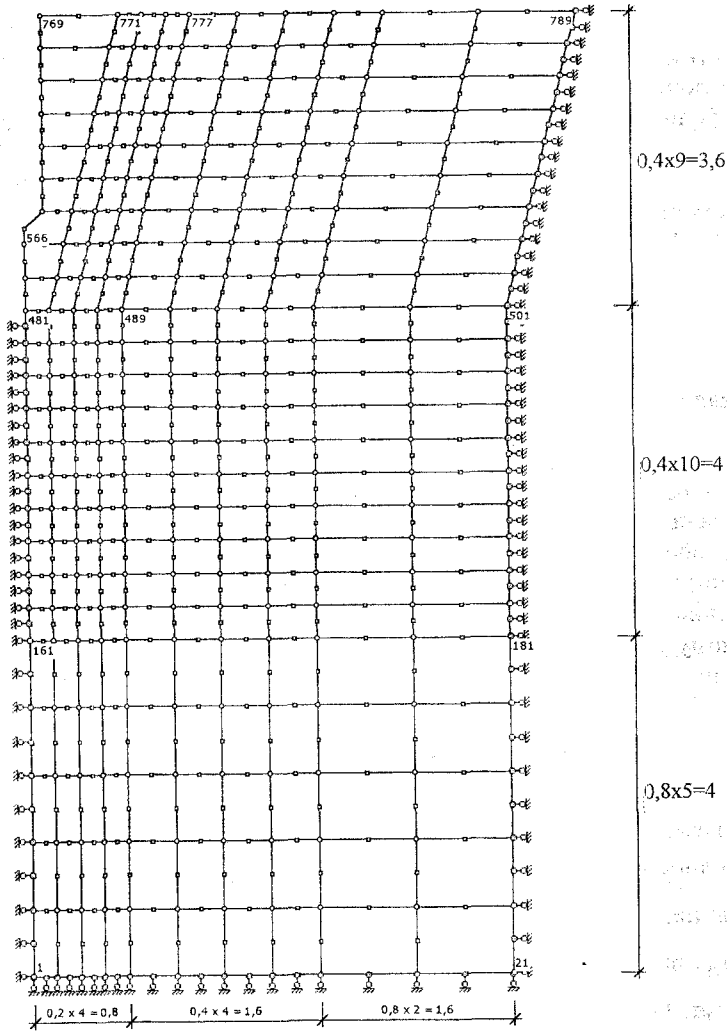


Рис. 1 – Схема розбивки основи на КЕ після влаштування лідируючої свердловини діаметром 0,3 м і глибиною 2,3 м для моделювання заглиблення пірамідальної пали СП-0,8-3,6

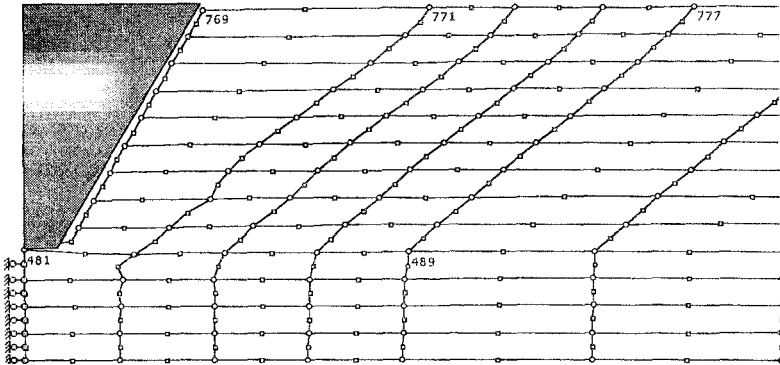


Рис. 2 – Фрагмент схеми деформування основи пірамідальної палі СП-0,8-3,6, заглибленої у ґрунт через лідируючу свердловину діаметром 0,3 м і глибиною 2,3 м

Результати порівняння числового моделювання і натурних вимірів [1] розмірів ущільнених зон пірамідальних палей, занурених у ґрунт через лідируючі свердловини

Розміри				$V_{л}/V_p$	Діаметр ущільненої зони, D, м		D / b <sub>p</sub>		δ, %
паль, м		свердловин, м			виміри	моделювання	виміри	моделювання	
b <sub>p</sub>	h <sub>p</sub>	діаметр	глибина						
0,8	3,6	-	-	0	2,08	2,20	2,60	2,75	5,77
0,8	3,6	-	-	0	1,92		2,40		
0,8	3,6	0,3	2,3	0,188	1,68	1,64	2,10	2,05	-2,38
0,8	3,6	0,6	1,6	0,529	1,52	1,50	1,90	1,88	-1,32
0,8	3,6	0,2	3,0	0,118	1,84	1,90	2,30	2,37	3,26
0,9	2,0	-	-	0	2,23		2,36	2,48	5,64
0,9	2,0	0,6	1,6	0,741	1,60	1,65	1,78	1,83	2,81
0,9	2,0	0,6	1,0	0,461	1,78		1,98		
0,9	2,0	0,3	1,5	0,175	2,05		2,28		
0,9	2,0	0,2	2,0	0,104	2,10	2,04	2,33	2,27	-2,58
0,9	2,0	0,2	1,5	0,077	2,16		2,40		
0,9	2,0	-	-	0	2,29		2,54		
0,9	2,0	0,3	2,0	0,231	1,94	1,94	2,16	2,15	-0,21

метра палі виражається формулою

$$D/b_p = a - b \cdot (V_{л}/V_p)^n, \quad (1)$$

де її коефіцієнти за результатами натурних вимірів [1]: a=2,5; b=0,92; n=0,7 при коефіцієнті кореляції та варіації r=0,979.

Значення тих же коефіцієнтів з виразу (1) за даними моделювання при n=0,7 складають a=2,58 і b=1,08 (при r=0,936 та v=0,056), а в разі

більш точної апроксимації  $n=0,5$ ;  $a=2,65$ ;  $b=1,05$  (при  $\gamma=0,969$  та  $\nu=0,039$ ).

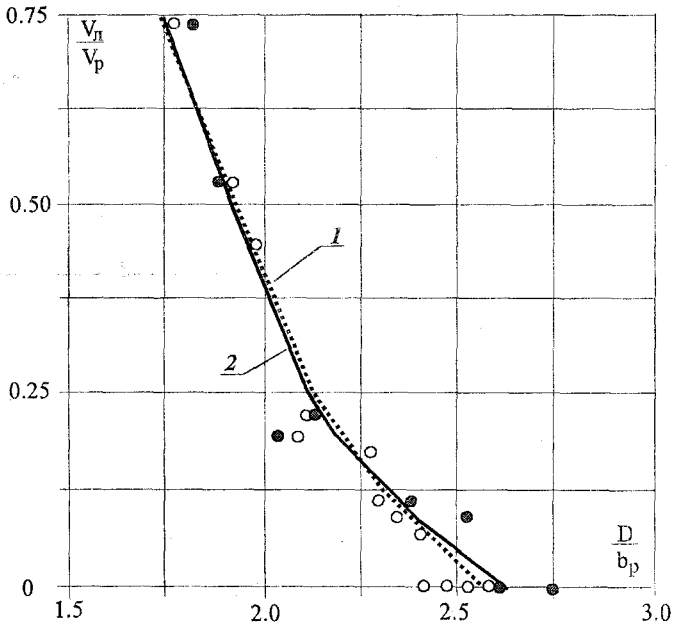


Рис. 3 – Залежність між відношенням об'єму лідируючої свердловини до об'єму палі  $V_l/V_p$  і відношенням діаметра зони ущільнення до діаметра палі  $D/b_p$ : 1 – за даними натурних замірів; 2 – за даними моделювання

Отже, встановлена можливість визначення досить достовірних значень розмірів ущільнених зон навколо пірамідальних палей з лідируючими свердловинами в межах вирішення вісесиметричної пружно-пластичної задачі МКЕ.

1. Зоценко Н.Л. Напряженно-деформированное состояние основания фундаментов, сооружаемых без выемки грунта: Дис... д-ра техн. наук: 05.23.02. – Полтава: ПИСИ, 1995. – 442 с.

2. Винников Ю.Л. До методики математичного моделювання роботи фундаментів ущільнення з урахуванням умов їх улаштування // 36. наукових праць Полт. держ. техн. ун-ту. Вип. 4. – Полтава: ПДТУ, 1999. – С. 103-112.

3. Винников Ю.Л. Числове моделювання напружено-деформованого стану палей із лідируючими свердловинами // 36. наукових праць Полт. держ. техн. ун-ту. Вип. 7. – Полтава: ПДТУ, 2001. – С. 64-69.

Отримано 09.01.2002