

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ СВАЯМИ МЕТОДОМ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Тугаенко Ю.Ф., Новский А.В., Новский В.А., (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса).

**Наведені параметри деформативних властивостей ґрунтів основи окремих паль, визначених по результатах натурних досліджень в геологічних умовах Одеського регіону.**

По стандартной методике испытания грунтов сваями выполняются приложением ступенчато возрастающей нагрузки с фиксацией перемещений на уровне верхнего торца сваи [1]. Стандартом допускается применение ускоренных испытаний методом релаксации напряжений. Сочетание метода релаксаций напряжений с методикой приложения ступенчатой, циклически возрастающей нагрузки позволяет определить дополнительные параметры деформирования ствола сваи и сопротивление грунтов основания по его боковой поверхности и подошве [4].

Натурные исследования проведены при контрольных испытаниях технологических свай в г. Ильичевске Одесской области, по ул. 1-го Мая. Для свайного фундамента применены призматические сваи сечением 0,35x0,35 м длиной 16 м. Погружение свай осуществлялось дизель-молотом с весом ударной части 18 кН.

Геологическое строение участка представлено лессовой толщей. Ниже дна котлована залегают следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ) :

3, 3а и 5- лессовые супеси; 6, 7а и 8 – лессовые суглинки.

Нижние горизонты с глубины около четырех метров обводнены техногенными подземными водами (см. рис.1в). Показатели физико-механических свойств грунтов приведены в табл.1.

Испытания проведены методом релаксации напряжений по методике циклически возрастающей нагрузки [2; 3]. Каждая ступень загрузки представляла собой самостоятельный цикл, в котором нагрузка повышалась от нуля до предусмотренного программой значения, а после стабилизации деформаций производилась разгрузка сваи.

Если в процессе испытания сваи в гидравлической системе домкратов не поддерживать давление подкачкой на одном уровне, то оно снижается и, соответственно, уменьшается нагрузка на сваю. Величина снижения нагрузки изменяется с увеличением ступени загрузки и в грунтовых условиях Одесского региона не превышает 10 %. Поэтому, при проведении исследований нами приняты ступени нагрузок согласно п. 8.2.1, а не ступени осадок, предлагаемые в рекомендуемом приложении «И» [1].

Таблица 1

Характеристики грунтов

Показатели свойств грунтов	№ инженерно-геологического элемента						
	3а	3	4	5	6	7а	8
$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	2,67	2,68	2,70	2,68	2,71	2,74	2,74
$\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	1,39	1,42	1,45	1,50	1,57	1,61	1,61
w	0,18	0,23	0,24	0,29	0,23	0,21	0,23
w <sub>1</sub>	0,25	0,25	0,33	0,27	0,36	0,41	0,37
w <sub>p</sub>	0,18	0,18	0,20	0,18	0,21	0,20	0,21
E, МПа	6/2	4/2	7/5	5	10	15	16
φ, град.	18	20	23	21	21	21	20
c, кПа	14	10	20	16	38	42	33

Испытания свай методом релаксации напряжений сокращает длительность их проведения. В процессе стабилизации деформаций увеличение осадки сопровождается снижением нагрузки до достижения равновесия между внешней нагрузкой и внутренними силами сопротивления по боковой поверхности ствола сваи и под ее пятой, что свидетельствует о завершении релаксации напряжений. Длительность этого процесса (до преодоления сил трения по боковой поверхности  $P_f$ ) в грунтовых условиях Одесского региона, по полученным данным, составила 20 - 25 минут. После завершения периода релаксации производилась разгрузка сваи.

В каждом цикле загрузки и разгрузки фиксировались: а) осадка и нагрузка в момент ее приложения ( $s_1$ ;  $p_1$ ); б) осадка и нагрузка ( $s_2$ ;  $p_2$ ) после завершения периода релаксации напряжений, длительностью  $t_1$  с достижением равновесия между нагрузкой и сопротивлением грунтов; в) остаточная величина осадки после снятия нагрузки ( $s_{0,1}$ ) и ее значение ( $s_{0,2}$ ) после стабилизации деформаций длительностью  $t_2$ . Результаты испытаний приведены в табл. 2. и на рис.1 и 2.

В испытании №1 длительность стабилизации деформаций на последней ступени при постоянной нагрузке примерно в два раза больше, чем в испытании №2 при релаксации напряжений. Сокращение длительности протекания деформаций в период релаксации напряжений является следствием двух одновременно протекающих процессов, взаимно влияющих друг на друга. В момент достижения нагрузки, предусмотренной для данной ступени, скорость нарастания осадки достигает максимума. Ее снижение вызывает падение давления в камере домкрата. В результате уменьшения нагрузки на сваю замедляется скорость протекания деформаций, сокращая период их стабилизации.

Таблица 2

Результаты натурных исследований технологических свай

$P_1$ МН	$P_2$ кН	$s_1$ мм	$s_2$ мм	$t_1$ мин	$s_{0,1}$ мм	$s_{0,2}$ мм	$t_2$ мин
№1 ; $P_f=1,24$ МН							
0,30	0,29	0,58	0,65	15	0,16	0,12	6
0,60	0,55	1,87	2,12	30	0,9	0,84	8
0,80	0,73	3,20	3,37	25	1,58	1,41	10
1,00	0,92	4,52	4,72	33	2,35	2,11	12
1,10	1,0	4,99	5,06	35	2,62	2,25	16
1,27	1,22	6,34	6,76	25	3,35	3,35	8
1,40	1,34	7,55	7,78	35	3,50	3,41	10
1,50	1,50	8,57	9,17	55	4,45	4,05	20
№2 ; $P_f=1,35$ МН							
0,35	0,33	0,37	0,45	20	0,15	0,14	8
0,65	0,61	1,55	1,68	32	0,52	0,45	8
0,90	0,83	2,89	3,18	30	0,97	0,90	10
1,10	1,03	4,31	4,60	30	1,80	1,69	10
1,30	1,23	6,10	6,36	35	2,95	2,84	10
1,50	1,42	8,05	8,32	40	4,42	3,91	10

На рис.1,г приведены графики зависимости осадки от нагрузки в момент ее приложения и после релаксации напряжения. В данных грунтовых условиях снижение нагрузки в процессе релаксации составило от 5 до 10 %.

По результатам испытаний построены графики зависимости осадки, ее остаточной и упругой составляющих от нагрузки (см. рис. 1,д и 2,г). По зависимости упругой составляющей осадки от нагрузки определены предельные значения нагрузки, уравновешенной силами трения по боковой поверхности ствола и значения сопротивлений по боковой поверхности свай на отдельных фрагментах их длины. Результаты исследований приведены в табл.3 и на рис.2,в. Минимальные значения

сопротивления по боковой поверхности свай зафиксированы в пределах слоя лессовой супеси и суглинка (ИГЭ-3;4;5), максимальные - в пределах тяжелых суглинков (ИГЭ- 6;7).

Приведенные данные согласуются с результатами, полученными при испытании свай в аналогичных грунтовых условиях в г. Одессе по стандартному методу с использованием методики циклически возрастающей нагрузки [3].

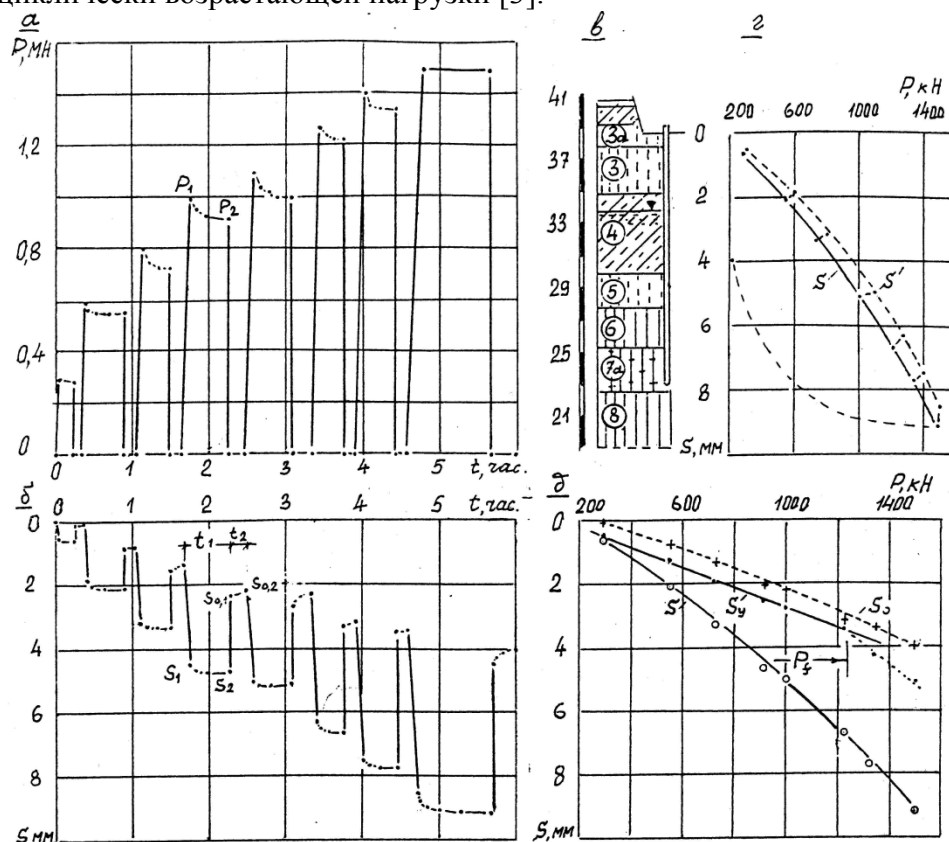


Рис 1. Результаты исследований деформаций грунтов свай №1: а) график изменения нагрузки на сваю в каждом цикле загрузения; б) графики зависимости осадки во времени от изменения нагрузки; в) геологическое строение участка; г) график зависимости осадки от нагрузки:  $s$  - в момент ее приложения,  $s'$  - после релаксации напряжений; д) графики зависимости осадки, ее упругой и остаточной составляющих от нагрузки

Таблица 3

Определение сил бокового трения

P МН	$s_y$ мм	$l_f$ м	$\Delta p_{,i}$ МН	$\Delta l_{f,i}$ м	$f_i$ кПа	$z_i$ м
Свая №1(365); $E=22747$ МПа						
0,30	0,56	9,90	0,3	9,9	21,6	4,95
0,50	1,20	12,87	0,2	2,97	48,1	11,38
0,70	1,84	14,15	0,2	1,28	111,7	13,51
0,90	2,49	14,92	0,2	0,77	185,2	14,53
1,24	3,56	15,50	0,34	0,58	419,7	15,21
Свая №2 (280); $E=22320$ МПа						
0,30	0,21	3,21	0,3	3,21	66,8	1,60
0,50	0,92	9,44	0,2	6,23	22,9	6,32
0,70	1,63	12,11	0,2	2,67	53,0	10,78
0,90	2,35	13,66	0,2	1,55	92,2	14,43
1,10	3,06	14,59	0,2	0,93	153,8	15,06
1,35	3,95	15,38	0,25	0,79	225,2	14,98

Примечание:  $z_i$  - расстояние от дна котлована до середины слоя  $\Delta l_{f,i}$

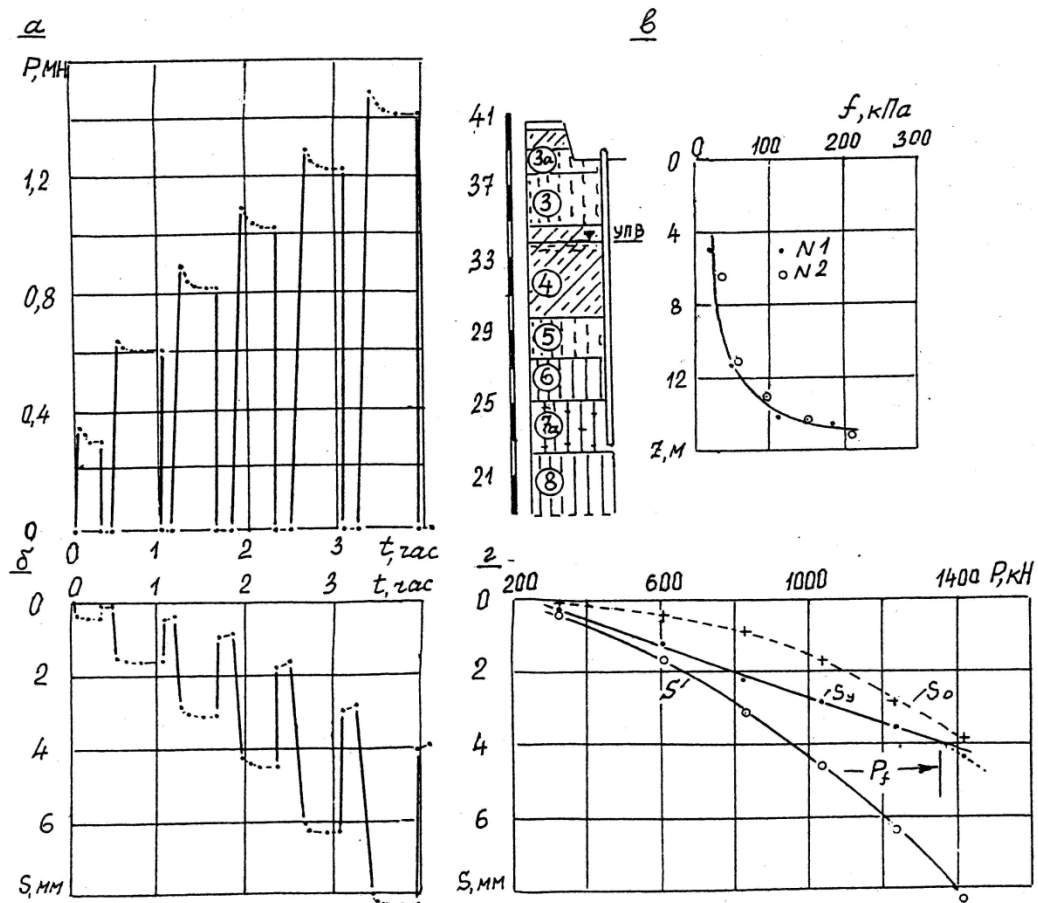


Рис 2. Результаты исследований деформаций грунтов сваей №2: а) графики релаксации нагрузки на сваю в каждом цикле загрузения; б) графики зависимости осадки во времени и изменения нагрузки; в) сводный график зависимости сил сопротивления по боковой поверхности при испытаниях грунтов сваями №1 и №2; г) графики зависимости осадки, ее остаточной и упругой составляющих от нагрузки.

### Выводы

1. Испытания свай методом релаксации напряжений позволяют сократить их длительность при сохранении достоверности результатов.
2. Сочетание методов релаксации напряжений с методикой приложения циклически возрастающей нагрузки позволило определить дополнительные параметры сопротивления грунтов при испытаниях их сваями.

1. Грунти. Методи польових випробувань палями. ДСТУ Б В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686-94) . К. – 1997. – 57 с. 2. Вялов С.С.. Реологические основы механики грунтов. М., «Высшая школа». К.1978.- 447с. 3. Тугаенко Ю.Ф., Новский А.В., Ткалич А.П., Василевская Л.А.. Дифференциальный подход к оценке повышению сил трения по боковой поверхности свай во времени // Галузеве машинобудування, будівництво: збірник наукових праць.- Полтава. 2007.- Випуск 19.- С.114-120.