

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА СВАИ ПУТЕМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДОМ РЕЛАКСАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

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

**Викладена методика та наведені результати визначення граничного навантаження на палю при випробуваннях методом релаксації напружень.**

По действующим нормам значение предельного сопротивления сваи по результатам статических испытаний определяется условно, по одному из критериев: по величине нагрузки, вызывающей незатухающее нарастание осадки, при ее постоянном значении; по значению осадки, принятой равной 20% от предельно допускаемой величины средней осадки фундамента проектируемого объекта. Оба критерия являются условными.

Длительность стандартных испытаний глинистых грунтов сваями зависит от их состава, состояния и может превышать одни сутки. Для сокращения продолжительности испытаний предложен метод циклических испытаний [3]. Анализируя результаты испытаний свай по стандартной методике и методике циклических испытаний, некоторые исследователи пришли к выводу, что при использовании стандартной методики несущая способность свай получается до 20% выше, чем по методике циклических испытаний [4].

Предусмотренные стандартом [2] испытания свай методом релаксации напряжений позволяют сократить длительность испытаний и повысить достоверность определения предельной нагрузки. Ее значение определяется после релаксации напряжений от последней ступени, равной критической нагрузке, вызывающей непрерывное нарастание осадки.

Релаксация напряжений заканчивается при достижении равновесия между приложенной нагрузкой на сваю и силами сопротивления грунтов основания трению по боковой поверхности и уплотнению ниже ее острия. Достижение этого равновесия при проведении испытаний является следствием двух взаимозависимых процессов, протекающих одновременно. Возрастающая осадка вызывает падение давления в гидравлической системе силовой установки и, следовательно, нагрузки на сваю, что способствует снижению скорости развития осадки с последующей стабилизацией.

Далее приведены результаты испытаний двух призматических свай длиной 16 м и сечением 35x35 см, используемых при устройстве фундаментов жилого 16-ти этажного дома в г. Ильичевске Одесской области по ул. Хантадзе, 5.

Геологическое строение участка представлено лессовой толщей, подстилаемой неогеновыми отложениями понтических известняков и меотическими глинами. Ниже дна котлована залегают лессовые суглинки (ИГЭ-3; 5; 6), супеси (ИГЭ-4) и красно-бурая глина (ИГЭ-7), подстилаемая перекристаллизованным известняком-ракушечником, выветрелым до дресвы с супесчаным и суглинистым заполнителем.

В период изысканий зафиксировано два водоносных горизонта. Первый - в лессовой толще на глубине около 6 м ниже дна котлована; второй - в слое известняка-ракушечника на отметке его кровли. Второй водоносный горизонт обладает слабым напором (до 0,6 м). Геологическое строение показано на рис. 1 и 2, а показатели физико-механических свойств грунтов в табл. 1.

## Характеристики грунтов

Показатели свойств грунтов	№ инженерно-геологического элемента (ИГЭ)				
	3	4	5	6	7
$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	2,69	2,68	2,70	2,72	2,74
$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	1,39	1,52	1,53	1,58	1,58
w	0,17	0,22	0,26	0,23	0,25
w <sub>l</sub>	0,31	0,28	0,26	0,37	0,45
w <sub>p</sub>	0,19	0,19	0,17	0,20	0,23
S <sub>r</sub>	0,49	0,81	0,95	0,97	0,93
E, МПа	9/5	4,0	5,0	12,0	21
$\gamma$ град.	19/13	17	17	22	19
c, кПа	17/13	7,0	18,0	27	54

Погружение свай выполнено дизель-молотом с весом ударной части 18 кН. Свая № 1 была погружена в лидерную скважину диаметром 0,3 м и глубиной 12 м. Ее испытание проведено в котловане, частично заполненном водой слоем до 0,5 м, которая скопилась в результате прошедшего ливня и поступления воды с ул. Хантадзе. Свая № 2 была погружена без использования лидерной скважины с дна котлована после инфильтрации накопившейся воды.

Испытания выполнены методом релаксации напряжений с использованием методики циклически возрастающей нагрузки [6;7]. После каждой ступени загрузки и релаксации напряжений проводилась разгрузка свай до нуля. Графики зависимости изменения давления и осадки во времени представлены на рис. 1 и 2 (а и б), а результаты измерений НДС системы свая - грунты основания в табл. 2.

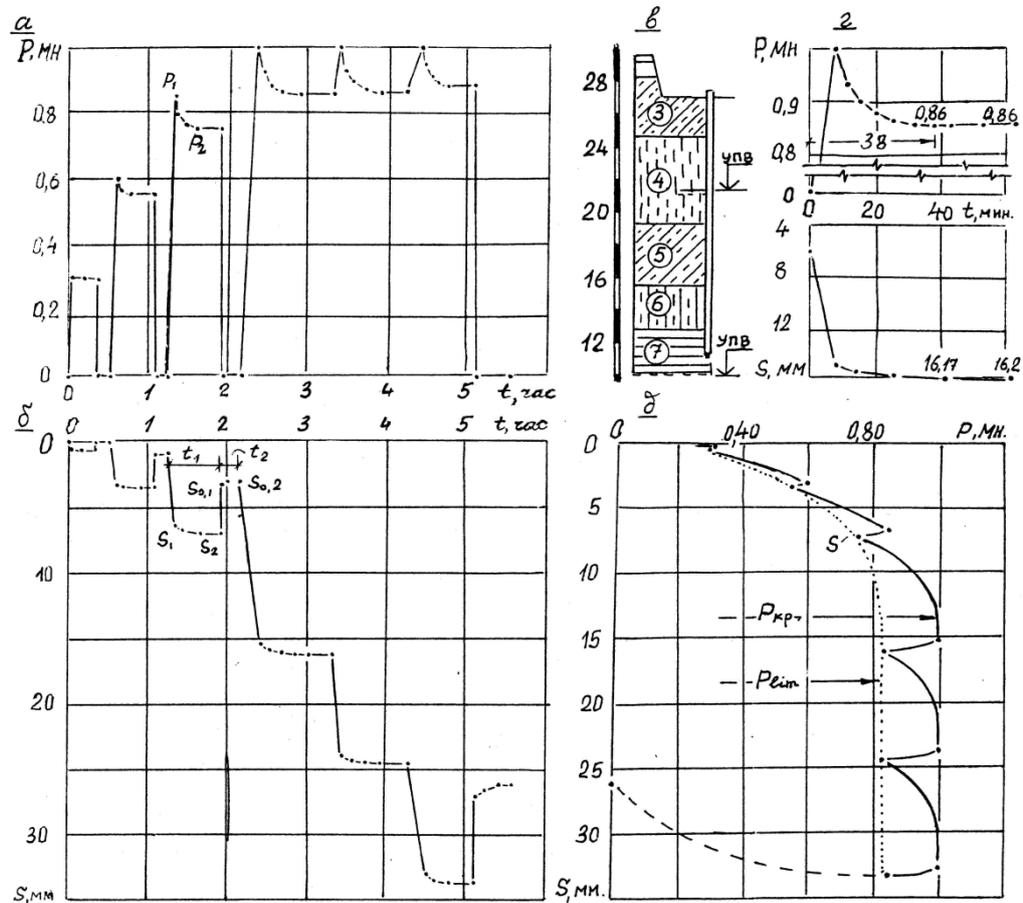


Рис 1. Результаты испытаний свай №1:

а) б) графики изменения нагрузки и осадки во времени в процессе релаксации напряжений; в) геологическое строение участка; г) графики изменения нагрузки и осадки в первом цикле приложения критической нагрузки; д) графики зависимости осадки от нагрузки

Длительность периода релаксации напряжений зависит от геологического строения грунтовой толщи, состава и состояния грунтов и условий совместного деформирования ствола сваи и грунтов основания.

В данных грунтовых условиях, для ступеней нагрузки, которая уравнивается силами бокового трения (при неподвижности подошвы сваи относительно окружающего грунта) период релаксации составил 20 - 25 минут. При дальнейшем загрузении сваи часть нагрузки, превышающая предельное значение сил бокового трения, уравнивается сопротивлением уплотнению грунтов основания, залегающих ниже подошвы сваи. В этих условиях длительность процесса релаксации составила 35 - 40 минут.

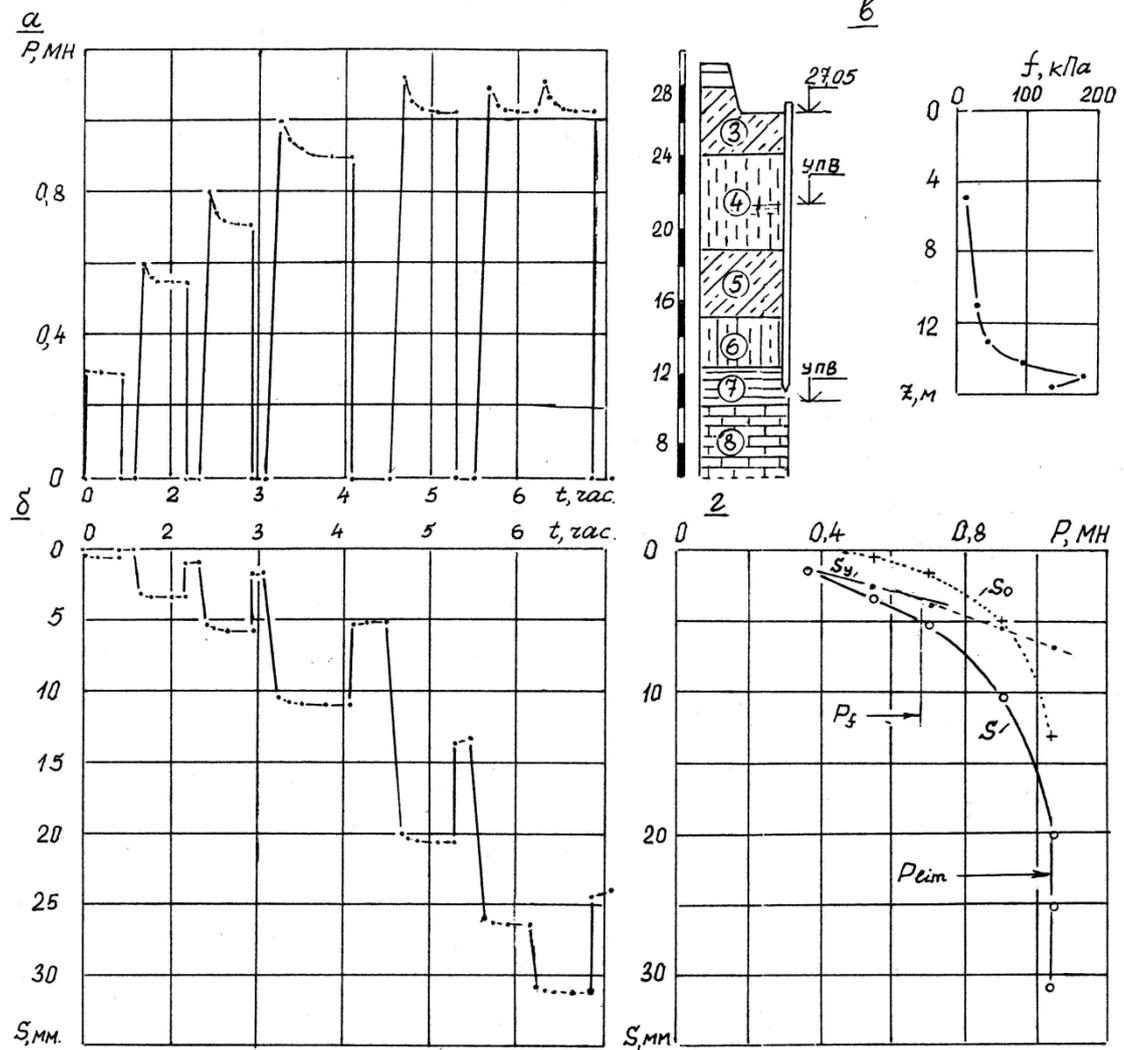


Рис 2. Результаты испытаний сваи №2:

а) б) графики изменения нагрузки и осадки во времени в процессе релаксации напряжений; в) график зависимости сил бокового трения по длине ствола сваи; г) графики зависимости осадки, ее остаточной и упругой составляющих от нагрузки.

На рис. 1 и 2 представлены графики процесса релаксации напряжений по зависимостям изменения нагрузки и осадки во времени для первого цикла приложения критической нагрузки. Длительность этого процесса составила 38 минут. На рис. 1,д представлен график изменения нагрузки и осадки в процессе релаксации напряжений. По результатам трех циклов загрузки величина критической и предельной нагрузок имеет близкую сходимость ( см. табл. 2).

Результаты измерений НДС сваи и грунтов основания по примененной методике позволили определить силы трения по боковой поверхности на отдельных фрагментах длины ее ствола. На рис. 2,г представлены

графики зависимости осадки, ее остаточной и упругой составляющей от нагрузки. По графику упругой составляющей определено значение предельной нагрузки, уравновешенной силами бокового трения. По ее значению, по методике, изложенной в работе [6], определены значения бокового трения вдоль ствола сваи. График их зависимости по глубине приведен на рис. 2,в. Снижение сил трения в нижней части сваи можно объяснить наличием водоносного горизонта в слое известняка - ракушечника со слабым напором залегающим на глубине 1 - 1,2 м ниже подошвы сваи, оказавшим влияние на свойства ИГЭ-7.

Таблица 2

Результаты натурных исследований технологических свай

$P_1$	$P_2$	$S_1$	$S_2$	$t_1$	$S_{0,1}$	$S_{0,2}$	$t_2$
МН	МН	мм	мм	мин	мм	мм	мин
Свая №1: $P_{кр}=1$ МН ; $P_{lim}=0,87$ МН							
30	29	0,49	0,57	20	0	0	12
60	55	3,3	3,42	35	1,01	0,94	8
85	74	6,42	6,83	40	3,06	2,95	14
100	86	15,36	16,20	70	-	-	-
100	86	24,0	24,51	55	-	-	-
100	86	32,6	33,05	50	27,12	26,42	27
Свая №2: $P_{кр}=1,11$ МН ; $P_{lim}=1,03$ МН							
30	28,5	1,2	1,25	24	0,12	0,10	10
60	55	3,25	3,40	35	0,8	0,73	10
80	70,5	4,88	5,52	35	1,8	1,59	12
100	90	10,15	10,60	55	5,40	5,08	26
112,5	104	19,52	20,10	45	13,60	13,25	12
111,5	103,5	29,98	25,35	43	-	-	-
110	103	30,08	31,17	40	24,56	23,91	15

**Выводы**

Испытание свай методом релаксации напряжений с применением методики циклически возрастающей нагрузки позволяет:

1. Сократить длительность испытаний.
2. Определить значения сил бокового трения по длине ствола сваи.
3. Повысить достоверность определения предельной нагрузки на сваю.

**Литература**

1. СНиП 2.02.03 – 85. Свайные фундаменты . – М.: Стройиздат. – 1985.-45с.
2. ДСТУ Б В.2.1-1-95 (гост-5686-94) Грунты. Методи польових випробувань палями; . – К.:Укрархбудінформ.- 1996.- 57с.
3. Коваль В.Е., Ищенко В.И. Новый метод статических испытаний свай// Будівництво України. – 2000. - №4.- с. 42-43.
4. І.П.Бойко, Ю.В.Карпенко, С.М. Новофастовський, В.С. Подпрятков. Методи випробувань ґрунтів за допомогою бурорієкційної палі великого діаметру. // Основи і фундаменти. Міжвідомчий науково-технічний збірник.- Випуск 28.- Київ, 2004.- с.11-16.
5. Тугаєнко Ю.Ф., Ткалич А.П., Предельная нагрузка и силы трения по боковой поверхности сваи по результатам полевых исследований // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць .- Полтава, 2007.- Випуск 19 .-с.121-125.

6. Ю.Ф. Тугаенко., А.В. Новский., А.П. Ткалич., М.А. Василевская. Дифференциальный подход к оценке повышения сил трения по боковой поверхности свай во времени // Галузеве машинобудування, будівництво : збірник наукових праць.- Полтава. 2007.- Випуск 19.-с.114-120.

7. Новский А.В., Тугаенко Ю.Ф., Василевская М.А., Новский В.А. Сопротивление по боковой поверхности свай в условиях водонасыщенных грунтов Одесского региона // Будівельні конструкції.- Випуск 71, книга 1. – Механіка ґрунтів та фундаментобудування.- К.: НДІБК.- 2008.- с. 416-420.