

НОВАЯ МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ СВАЯМИ – РЕЛАКСАЦИЕЙ НАГРУЗКИ

Тугаенко Ю.Ф., д.т.н., профессор,
Ткалич А.П., к.т.н., доцент,
Шеховцов И.В., к.т.н., доцент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
tkalich_a_p@ukr.net

Аннотация. В государственном стандарте Украины одним из методов ускоренного испытания грунтов сваями вертикальной вдавливающей нагрузкой рекомендован метод релаксации напряжений. В рекомендациях его применения отсутствуют сведения о режиме приложения нагрузки в процессе ее релаксации. В разработанной методике в качестве ступеней принята не осадка, а нагрузка и условия ее релаксации. По приведенным в статье результатам натурных испытаний стандартным методом и по методике релаксации нагрузки получена их близкая сходимость, свидетельствующая о достаточной достоверности. Примененная методика позволила сократить длительность испытаний более чем в три раза.

Ключевые слова: свая, нагрузка, осадка, релаксация, стабилизация.

НОВА МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ҐРУНТІВ ПАЛЯМИ – РЕЛАКСАЦІЄЮ НАВАНТАЖЕННЯ

Тугаєнко Ю.Ф., д.т.н., професор,
Ткалич А.П., к.т.н., доцент,
Шеховцов І.В., к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
tkalich_a_p@ukr.net

Анотація. В державному стандарті України до одного із рекомендованих методів прискореного випробування ґрунтів палями вертикальним вдавлюючим навантаженням відноситься метод релаксації напруг. В рекомендаціях його застосування відсутні відомості про режим навантаження в процесі його застосування. В розробленій методиці в якості ступені прийнята не осадка, а навантаження і його релаксація. Наведені в статті результати досліджень стандартним методом і методом релаксації навантаження показали близьку збіжність, що свідчить про їх достатню достовірність. Застосована методика дозволила скоротити тривалість випробувань більш ніж в три рази.

Ключові слова: паля, навантаження, осідання, релаксація, стабілізація.

NEW METHOD OF SOIL TESTS WITH PILES BY LOAD RELAXATION METHOD

Tugayenko Y., D.Sc., Professor,
Tkalic A., PhD, Assistant Professor,
Shehovtsov I., PhD, Assistant Professor,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
tkalich_a_p@ukr.net

Abstract. The stress relaxation method is recommended as one of the rapid soil tests with

piles in the State standard of Ukraine. There is a number of contradictions and conditional assumptions in the instruction that prevent its usage. A new method of rapid test by load relaxation method is given in the article. The load is as the steps, which value is determined in accordance with the current standard. After reaching its value that equals to the value of the next stage, the support of its permanence stops. The relaxation of the load is identified with two processes: its shrinkage and increment of settlement. After their stabilizing, the next stage of the load is applied. Based on the results of settlement graph against load taking into account its value after load application and after stopping its relaxation is determined. The graph consists of two branches. According to the first one, the load is determined corresponding to the ultimate resistance of soil shear along the shaft surface, and according to the second one is the compressive resistance below the tip. The authenticity of the results, obtained by the relaxation method, was confirmed with the results of standard method tests. The advantage of the relaxation method of the load is to reduce the duration of the test in 2,5...3 times while maintaining the test results.

The article presents the test results of production pile of 12 m. In the last stage the load is applied twice. At the beginning, the tests were carried out by the relaxation method, with the duration of 25 minutes. The same load was re-carried out with its constancy to the stabilizing of the settlement, which lasted 75 minutes. More than 30 test piles were carried out by the relaxation method of the 1.

Keywords: pile, load, settlement, relaxation, stabilization.

Актуальность и постановка проблемы в общем виде. Испытания грунтов сваями на вертикальную, вдавливающую нагрузку выполняются в соответствии с действующим ДСТУ [1]. По результатам испытаний определяются предельное и расчетное значения нагрузки, без учета сопротивления сдвигу по поверхности ствола и сжатию ниже острия. Длительность испытаний составляет 8...10 часов, а иногда превышает сутки.

Актуальность заключается в сокращении длительности испытаний при сохранении достоверности результатов и разработке методов определения характеристик сопротивления сдвигу по поверхности ствола и сжатию ниже острия.

Анализ последних исследований и публикаций, посвященных решению данной проблемы. Предложения по сокращению длительности проведения испытаний не реализованы из-за низкой достоверности результатов [2, 3]. В стадии решения остаются вопросы определения сопротивления сдвигу по поверхности ствола сваи и сжатию ниже ее острия [4].

Цель и задачи исследований. Основной целью является разработка метода испытаний грунтов сваями вертикальной вдавливающей нагрузкой с решением следующих задач:

1. Сокращение длительности испытаний при сохранении их достоверности.
 2. Определение по результатам испытаний сопротивления грунтов сдвигу и сжатию.
- За основу принят рекомендуемый ДСТУ ускоренный метод релаксации нагрузки [1].

Основной материал и результаты. В ДСТУ [1], кроме обязательного метода испытаний грунтов сваями вертикальной вдавливающей нагрузкой предложены два рекомендуемых метода ускоренных испытаний.

В стандартном методе нагрузка прикладывается ступенями. Каждая ступень при постоянной нагрузке выдерживается до условной стабилизации осадки.

Одним из рекомендуемых является ускоренный метод релаксации нагрузки. После достижения очередной ступени поддержка ее постоянства прекращается. Процесс релаксации сопровождается стабилизацией осадки и уменьшающейся нагрузки. Его длительность в 3...5 раз короче периода стабилизации осадки при испытаниях стандартным методом.

В рекомендациях по применению метода релаксации нагрузки, приведенных в ДСТУ, содержатся неточности. Применение в качестве ступеней осадки следует считать ошибочным. При испытаниях происходит релаксация нагрузки. Ниже приведена методика, уточненная результатами полевых испытаний.

1. Нагрузка на сваю прикладывается ступенями, величина которых определяется в

соответствии с требованиями п. 8.2.1 [1].

2. После достижения нагрузки равной очередной ступени, предусмотренной программой, прекращается поддержка ее постоянства (исключением подкачки масла в камеру домкрата).

3. Сразу после приложения нагрузки снимают отсчеты: давления по манометру и осадки по прогибомерам. Координаты измерений наносятся на график зависимости осадки « s » от нагрузки « P » – точка « a ». На рис.1 приведен график зависимости осадки от нагрузки по их изменениям в процессе релаксации.

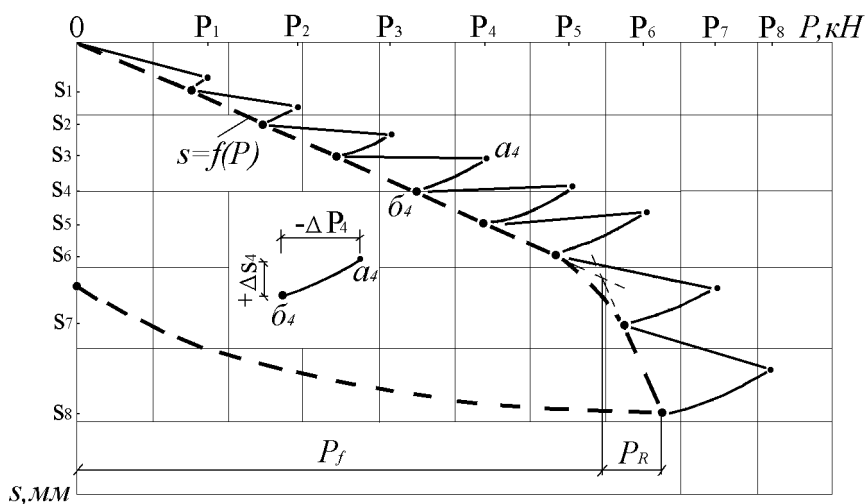


Рис.1. График зависимости осадки от нагрузки:

P_f и P_R – части нагрузки, уравновешенные сопротивлением сдвигу по поверхности ствола и сжатию ниже острия

4. После прекращения поддержки постоянства нагрузки отсчеты по манометру и прогибомерам снимаются со следующим интервалами: первые три отсчета через пять минут и последующие через 10. За критерий условной стабилизации следует принять приращение осадки за последующие 10 минут наблюдений, не превышающее 0,03 мм.

5. Процесс релаксации сопровождается увеличением осадки (+ Δs), уменьшением нагрузки (- ΔP) и заканчивается при их стабилизации (точка « b », рис. 1).

6. По результатам измерений строится график зависимости осадки от нагрузки $s=f(P)$, представленный на рис. 1. График состоит из двух ветвей. Первая определяет часть нагрузки, уравновешенной сопротивлением сдвигу вдоль поверхности ствола « P_f ». Вторая – сопротивление сжатию ниже острия « P_R ». Их границей является нагрузка, соответствующая точке пересечения участков двух ветвей, продленных вблизи их перегиба. Схема ее определения приведена на рис. 1.

7. Релаксация сопровождается двумя процессами: стабилизацией продолжающейся осадки и уменьшающейся нагрузки. На рис. 2 приложения «И» ГОСТа, показан график релаксации нагрузки во времени по результатам испытаний свай [1].

Результаты полевых исследований. Ускоренный метод испытаний релаксацией нагрузки применен при контрольных испытаниях грунтов сваями на ряде объектов. Ниже приведены результаты испытаний на одном из свайных полей (СП). Сваи сечением $0,35 \times 0,35$ м, длиной 12 м погружены в глинистые, тонкодисперсные грунты.

К свае приложена нагрузка, на 30% превышавшая расчетную. Ее величина ограничена предельной прочностью продольных стержней арматуры анкерных свай. Осадка нарастала, в основном, в результате упругого деформирования ствола сваи.

По данным изысканий, в основании залегают следующие, чередующиеся в нижних горизонтах, ИГЭ: а) в пределах длины ствола: 4 – суглинок лессовидный, мощностью 2,9 м; 7 – суглинок делювиальный – 2,7 м; 9 – супесь опесчаненная – 1,9 м; 10 – глина серая – 1,7 м;

б) *ниже острия сваи*: 10 – глина серая, мощностью 2,9 м. Характеристики грунтов по данным изысканий приведены в таблице 1.

По результатам измерений параметров напряженно-деформируемого состояния грунтов основания построен график зависимости осадки от нагрузки, определенной после релаксации, который приведен на рис. 2, а. Координаты измеренных значений показаны точками. Зависимость представлена двумя ветвями. Первая – определяет сопротивление сдвигу вдоль поверхности ствола, а вторая – сопротивление сжатию ниже острия.

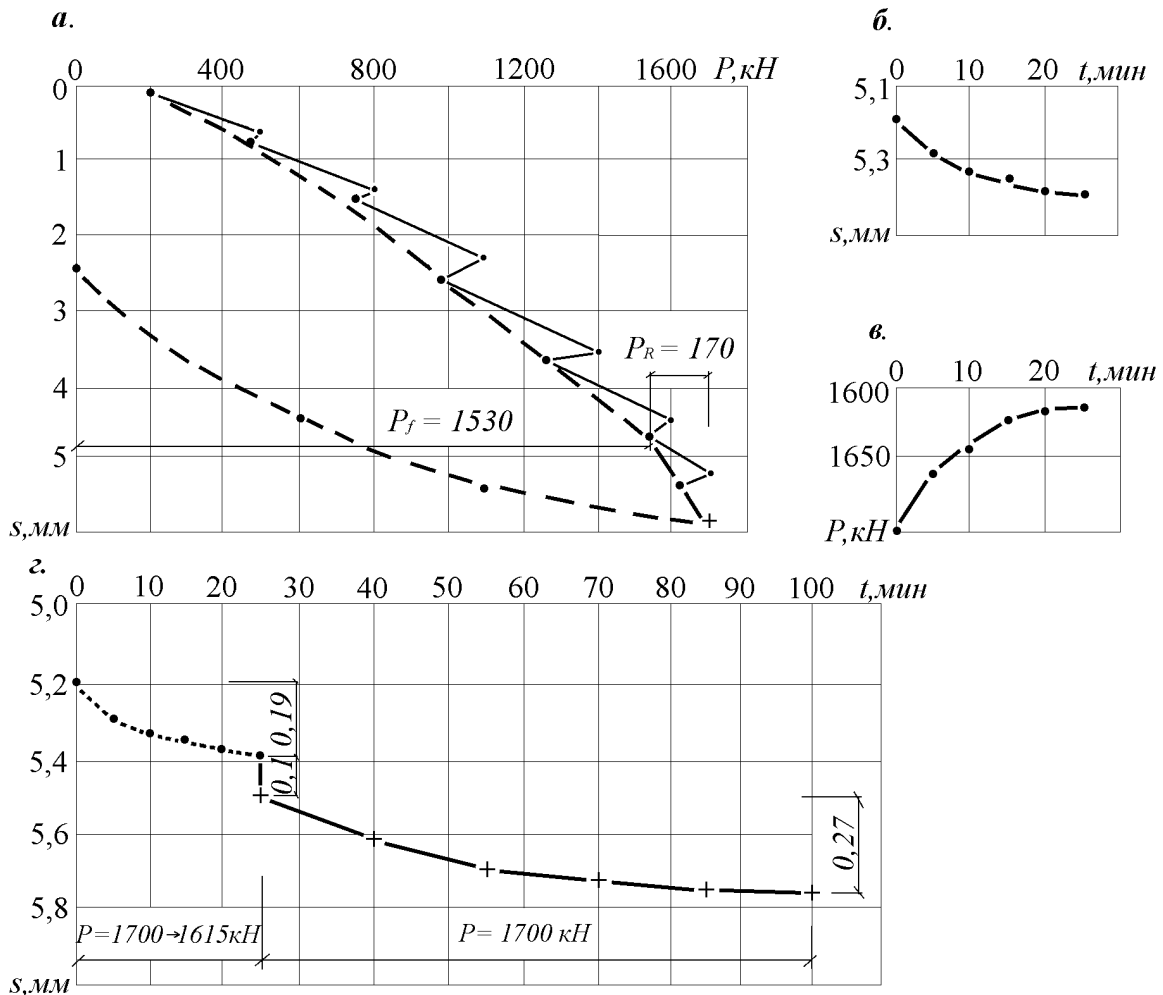


Рис. 2. Результаты испытаний грунтов свай методом релаксации нагрузки: а – график зависимости осадки от нагрузки; б, в – стабилизация осадки s и релаксация нагрузки во времени на последней ступени нагрузки; г – стабилизация осадки в процессе релаксации нагрузки и при ее постоянном значении

Таблица 1 – Физико-механические характеристики грунтов (нормативные)

№ ИГЭ	Доли единицы						$г/см^3$		МПа	град.	кПа
	w	w_L	w_p	I_p	I_L	S_r	ρ_s	ρ_d	E	φ	c
4	0,20	0,34	0,21	0,13	< 0	0,63	2,69	1,45	14/6	12	14
7	0,20	0,33	0,21	0,12	< 0	0,64	2,69	1,46	14,0	15	16
9	0,23	0,30	0,23	0,07	0	0,89	2,67	1,58	11,0	15	4
10	0,25	0,50	0,29	0,21	< 0	0,89	2,74	1,55	21	21	50

Граница двух ветвей зависимости определяется точкой условного перелома, которая находится на пересечении продленных участков двух ветвей вблизи их перегиба.

В данном испытании точке перелома соответствует нагрузка 1530 кН, которая

уравновешивается предельным сопротивлением сдвигу.

На рис. 2, б, в приведены графики стабилизации осадки и релаксации нагрузки во времени, на последней ступени приложенной нагрузки (1700 кН), длительность которого составила 25 минут.

В проведенных исследованиях последняя ступень нагрузки (1700 кН) приложена дважды. После первого приложения, в результате релаксации длившейся 25 минут, нагрузка снизилась на 85 кН, а осадка увеличилась на 0,19 мм. При повторном приложении этой ступени и сохранении ее постоянства длительность стабилизации, принятой согласно ДСТУ [1], составила 75 минут, а приращение осадки 0,27 мм. Результаты исследований приведены на рис. 2, г и таблице 2. Увеличение осадки в процессе ее стабилизации при постоянной нагрузке является следствием упруго-вязких деформаций. Снижение нагрузки в процессе ее релаксации сокращает длительность их нарастания.

Таблица 2 – Параметры НДС системы свая-грунты основания от последней ступени нагрузки

Метод испытаний	Нагрузка Р, кН		Осадка s, мм, после			t, минут
	приложенная	конечная	приложения нагрузки	стабилизации	Δs	
релаксации	1700	1615	5,19	5,38	0,19	25
ДСТУ	1700	1700	5,48	5,75	0,27	75

Выводы: 1. По результатам проведенных исследований устранен ряд противоречий в рекомендациях по применению ускоренного метода релаксации при испытаниях грунтов вертикальной вдавливающей нагрузкой. Разработана новая редакция методики испытаний.

2. Применение метода релаксации нагрузки позволяет в 3...4 раза сократить длительность испытаний.

3. Достоверность полученных результатов подтверждена результатами испытаний, проведенных по стандартной методике.

4. Разработана методика определения части нагрузки, уравновешенной сопротивлением сдвигу по поверхности ствола и сжатию ниже острия по результатам испытаний, проведенных методом релаксации.

В перспективе планируется разработка метода испытаний грунтов сваями объединяющего несколько методик.

Литература

1. ДСТУ Б В.2.1-1-95 (ГОСТ5686-94) Грунты. Методи польових випробувань палями. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. – Київ, 1997. – 57 с.

2. Новый метод испытаний свай (испытания свай нагрузкой в течение 10 мин.). «Load Test a Pile in as Ten Minutes». Melvin J. Esrig. «Engineering News – Record» 1963, January. Материалы по проектированию сложных фундаментов и оснований и по производству изысканий №2. Главспецстрой, Фундаментпроект. Центральное бюро технической информации. – Москва, 1963. – С. 39 – 40.

3. Коваль В.Г. Новый метод статических испытаний свай / В.Г. Коваль, В.И. Ищенко // Будівництво України. – 2002. – №4. – С. 42 – 43.

4. Тугаенко Ю.Ф. Нова методика визначення характеристик опору ґрунтів за результатами випробувань палями /Ю.Ф. Тугаенко, А.П. Ткалич, М.В. Марченко, Л.А. Логинова//Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». Науково-технічний збірник. – УНІВЕРСУМ – Вінниця. – 2014. – № 2 (17). – С. 57 – 63.

Стаття надійшла 30.03.2017