

УДК 624.131

## ИЗМЕНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Пивonos В.М., Пивonos В.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Розглядаються результати інженерно-сейсмологічних досліджень параметрів техногенних сейсмічних впливів на ґрунт основ на різних будівельних майданчиках. Наводяться порівняльні дані параметрів сейсмічних коливань в залежності від відстані та енергії удару. Виконані співставлення енергії, витраченої на заглиблення палів залежно від порядку заглиблення та інженерно-геологічних умов майданчиків досліджень.

Регистрирующая аппаратура представлена цифровым автоматическим комплексом DAS-04, разработанным в отделе СКР ИГФ НАНУ.

Общий вид комплекса представлен на фото (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид цифрового автоматического комплекса DAS-04

Комплекс укомплектован сейсмическими приёмниками ВЕГИК, предназначенных для проведения наблюдений при решении инженерно-сейсмологических задач. Для установки сейсмометров на ґрунт использовалась специальная жёсткая платформа, оборудованная жидкостным уровнем и винтовыми механизмами для ориентирования платформы в горизонтальной плоскости. Использование платформы упрощает установку сейсмометра на ґрунт, улучшает качество отбора сейсмических сигналов. Комплекс позволяет надёжно регистрировать сейсмические колебания в широком частотном диапазоне (0,02-24 ГЦ).

Общий вид комплекта сейсмических приёмников ВЕГИК, установленных на специально жёсткой платформе представлен на фото (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид комплекта сейсмических приемников ВЕГИК, установленных на специальную жесткую платформу (справа - контроллер и приемник GPS)

Функциональная схема цифрового сейсмографа DAS-04 на (рис. 3).

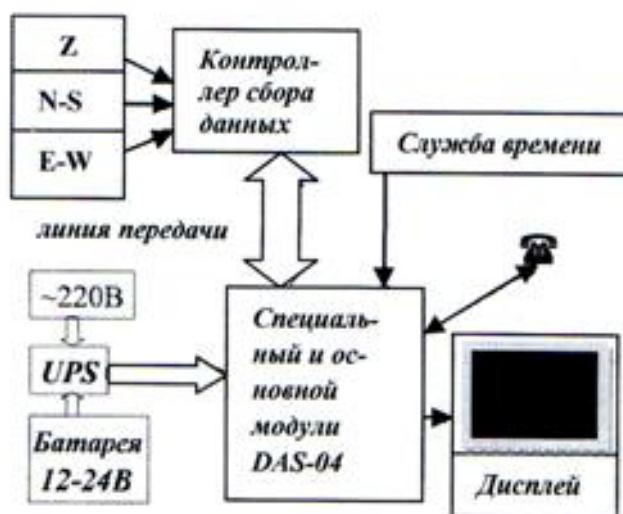


Рис. 3. Функциональная схема цифрового сейсмографа DAS-04

Сейсмограф DAS-04 по данным [1] регистрирует сейсмические колебания в широком динамическом диапазоне не меньше 120 ДБ. Спектр данных включает: получение, регистрацию, обработку, анализ данных, получение информации в стандартном международном сейсмологическом коде SEED, ведение детального протокола работы системы сбора информации, возможность дистанционного контроля системы и доступа к зарегистрированной информации через локальную сеть или ИНТЕРНЕТ.

Посредством частотных характеристик (ЧХ) регистрирующих каналов, в частности из комплексной ЧХ для ускорения определяются частотные характеристики для смещения и скорости.

Предварительные исследования для проверки возможности получения цифровой информации о параметрах физических процессов, происходящих в грунте при забивке железобетонных свай были выполнены на строительной площадке развлекательного комплекса «Арсен» на Сиховском жилом массиве в городе Львове, в районе ул. Г. Хоткевича. Грунтовые условия на площадке характеризуются наличием песков, подстилаемых заиленными глинами, уровень грунтовых вод на глубине 4 м. 7-метровые железобетонные сваи забивались дизель-молотом, без контроля энергии удара, в два этапа: вначале сваи погружались на глубину 6,6-6,7 м от дна котлована, затем

добивались с помощью надставки до отм. 7,6-7,7 м. Записи выполнялись: последняя по окончании 1-го этапа, все остальные в процессе добивки. Работа выполнялась в мае 2007 г. Записи производились с помощью цифрового сейсмографа DAS-04 укомплектованного тремя сейсмометрами ВЕГИК.

Ориентирование датчиков при проведении записи: N-S в направлении на источник сигнала (радиальные); E-W-перпендикулярна к нему (тангенциальные); Z-в вертикальной плоскости. Сделаны три серии записей, соответственно на: 30 м, 50 м, 80 м от источника.

Проведенные предварительные исследования сейсмического воздействия на грунт при погружении свай дизель-молотом, без регулирования энергии удара показали, что минимальной чувствительности измерительного комплекса достаточно для проведения инженерно-сейсмологических измерений при забивке свай.

На рис. 4 представлен фрагмент записи сейсмических сигналов при добивке свай дизель-молотом (расстояние до точки погружения –30 м).

***Инженерно-сейсмологические исследования площадки строительства 10-16 этажных жилых домов №№ 27-29 в МКР III-4-2 жил. массива пос. Котовского в г. Одессе.***

Целью исследований [1] являлась количественная оценка сейсмических колебаний грунта под воздействием забивки свай сваебойным гидравлическим молотом с регулируемой (контролируемой) энергией удара, на разных расстояниях от точки воздействия.

Общий вид площадки, на которой проводились инженерно-сейсмологические исследования представлен на фото (рис. 5).

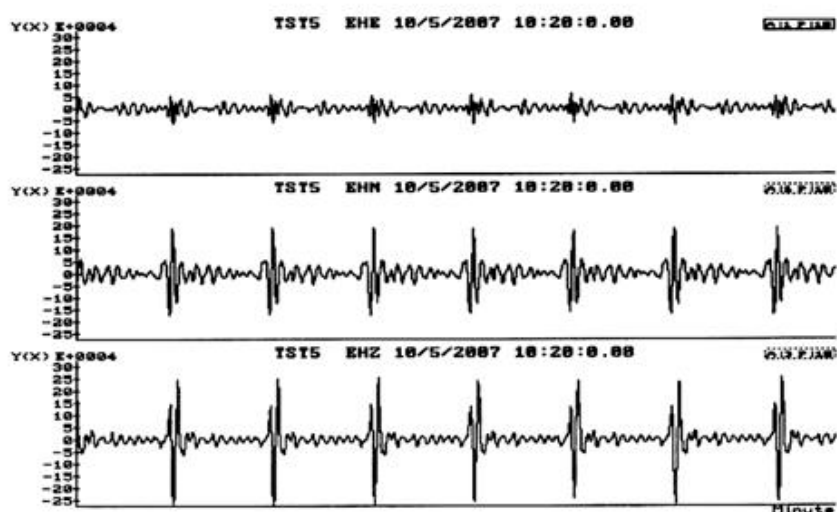


Рис. 4. Фрагмент записи сейсмических сигналов (точка на расст. 30 м.)



Рис. 5. Площадка проведения инженерно-сейсмологических исследований

При погружении свай гидромолотом энергия ударов регулируется оператором от минимальной (позиция-«1») до максимальной (позиция-«8»). При погружении 1-ой сваи в позиции «8» начал разрушаться оголовок сваи, поэтому завершение процесса погружения было выполнено в позиции «7».

Сваю № 2 погружали с нарастанием позиций от «1»-ой до «5»-ой; сваю № 3 от «1»-ой до «3»-ей.

На фото (рис. 6) представлен гидромолот МГ 5Ш «РОПАТ», на фото (рис.7) представлена жёсткая платформа с измерительным комплексом.



Рис. 6. Гидромолот МГ 5Ш «РОПАТ»

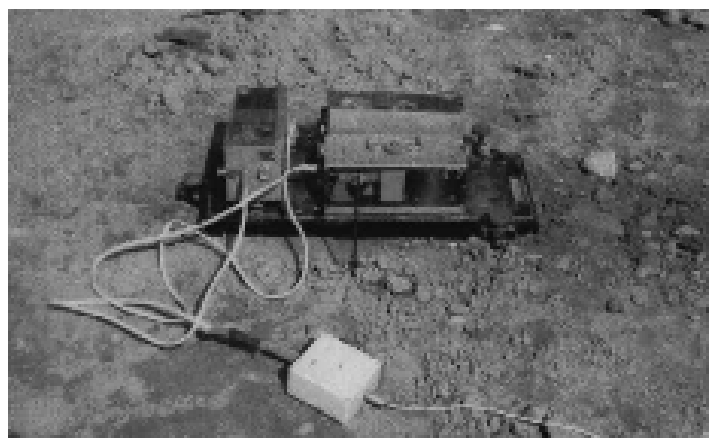


Рис. 7. Платформа с сейсмоприемниками ВЕГИК, установленная в котловане исследуемой площадки на расстоянии 8 м. от точки забивки сваи

Цифровые записи производились одновременно двумя измерительными комплексами при погружении (забивке) 3-х свай длиной 13 м.

Сваи № 1 и № 2 под действием собственного веса и массы оборудования погружались на глубину 4,5 м, свая № 3 - на глубину 4,7 м. Сейсмоприёмники измерительных систем при забивке каждой из свай устанавливались на расстоянии от точки забивки: свая № 1 - 24 м и 40 м; свая № 2 - 16 м и 32 м; свая № 3 - 8 м и 40 м.

На рис. 8 представлен фрагмент записи сейсмических сигналов зарегистрированных измерительным комплексом при забивке сваи № 3 на расстоянии 8 м от места погружения сваи.

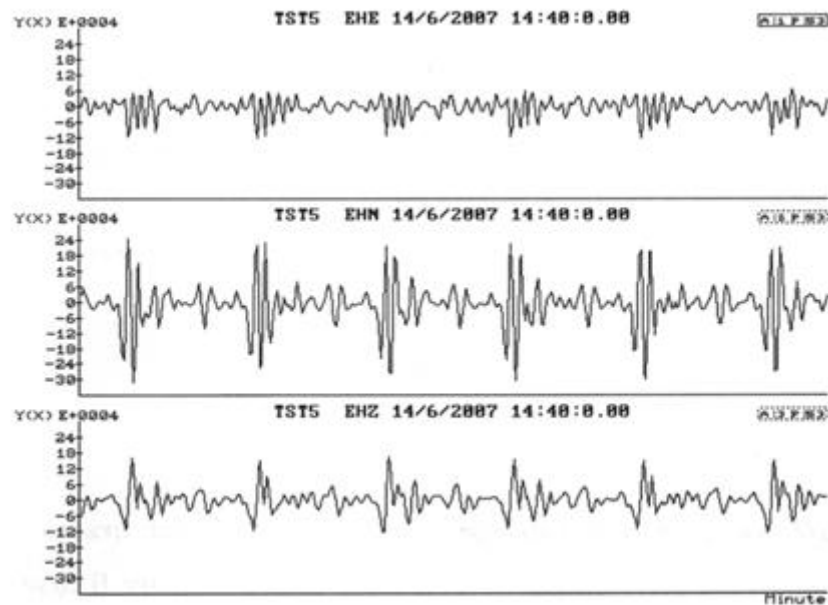


Рис. 8. Фрагмент записи сейсмических сигналов, зарегистрированных измерительным комплексом при забивке сваи № 3 (расст. 8 м.)

Инженерно-геологические условия участка, где забивались сваи № 1, № 2, № 3 (у скважины № 2), согласно [2] характеризуются напластованием следующих слоёв (ИГЭ) от дна котлована на глубину до 18.30 м:

ИГЭ -2 – суглинок лёссовый, жёлто-бурый, полутвёрдый, с включением карбонатов, мощн. 0,47 м;

ИГЭ -3 – суглинок (супесь) лёссовый, палевый, текучий, мощн. 4,10 м;

ИГЭ -4 – суглинок лёссовый, коричневый, тугопластичный, с включением карбонатов и гипса, мощн. 3,40 м;

ИГЭ -5 – суглинок (супесь) лёссовый, палевый, в кровле бурый, текуче-пластичный, с включением карбонатов, мощн. 1,60 м;

ИГЭ -6 – суглинок лёссовый, красновато-коричневый, полутвёрдый, мощн. 1,50 м;

ИГЭ -7 – суглинок коричневый, полутвёрдый, с включением карбонатов, гипса, мощн. 4,30 м;

ИГЭ-8 – глина бурая, полутвёрдая, с включением карбонатов, гипса, пройденная мощн. 2,90 м.

В гидрогеологическом отношении площадка характеризуется наличием техногенного водоносного горизонта (ТВГ), вскрытого разведочными скважинами на глубинах 2,40-3,40 м (абс. отм. 39,05-40,06 м). По характеру подтопления площадка относится к техногенно подтопленной.

Показатели свойств грунтов представлены в табл. 1, а геологическое строение - на рис. 9.

Таблица 1. - Показатели свойств грунтов

№ ИГ Э	$\rho_s, \text{г/см}^3$	$\rho_d, \text{г/см}^3$	W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	e	φ, град	C, кПа
2	2,69	$\frac{1,43}{1,50}$	$\frac{0,22}{0,25}$	0,32	0,20	$\frac{0,881}{0,793}$	29	32
3	2,68	1,52	0,28	0,27	0,19	0,763	18	14
4	2,70	1,52	0,24	0,33	0,19	0,776	20	30
5	2,69	1,50	0,27	0,29	0,19	0,793	20	16
6	2,70	1,52	0,23	0,34	0,20	0,780	22	55
7	2,74	1,57	0,22	0,39	0,22	0,745	19	49
8	2,73	1,52	0,25	0,43	0,24	0,790	28	86

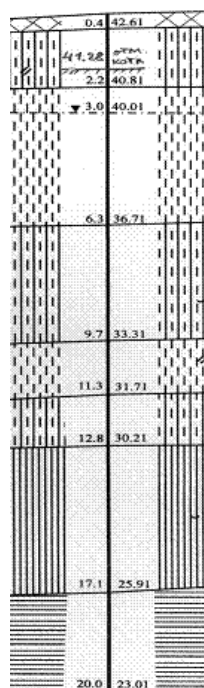


Рис.9. Скв. №2

При погружении свай была затрачена энергия (кДж): свая № 1 - 4502; свая № 2 - 4133; № 3 - 3987.

Как видно из приведенных данных, на погружение каждой последующей сваи уменьшалось необходимое количество энергии.

С помощью частотных характеристик сейсмических датчиков были получены записи сейсмических колебаний и воспроизведен действительный вид зарегистрированных колебаний в единицах смещения, скорости и ускорения.

Были зафиксированы параметры для радиальных, тангенциальных и вертикальных составляющих сейсмических сигналов для каждой сваи в каждой точке регистрации при соответствующих относительных уровнях энергии ударов. В качестве примера в табл. №2 показаны сравнительные данные вышеприведенных параметров для свай №№ 1, 2, 3 при расположении сейсмодатчиков на различных расстояниях от забиваемых свай.

Таблица 2. – Сравнительные данные параметров для свай №№ 1, 2, 3

Энергия удара кДж.	Составляющие сигнала	Смещение, м		Скорость мкм/с*10		Ускорение мкм/с <sup>2</sup> *10 <sup>3</sup>	
		ми н.	ма кс.	ми н.	ма кс.	ми н.	ма кс.
Свая № 1 расстояние 24 м.							
20	радиальная	7	13	49	106	50	110
	тангенциальная	4	6	17	49	29	49
	вертикальная	16	24	65	106	60	111
Свая № 1 расстояние 40 м.							
20	радиальная	7	17	25	62	19	33
	тангенциальная	3	7	18	42	18	48
	вертикальная	6	10	20	32	17	35
Свая № 2 расстояние 16 м.							
20	радиальная	16	24	110	160	110	163

	тангенциальная	10	21	89	210	10 <sup>4</sup>	259
	вертикальная	20	36	14 <sup>0</sup>	225	78	203
Свая № 2 расстояние 32 м.							
20	радиальная	5	10	36	63	25	45
	тангенциальная	3	4	19	32	15	31
	вертикальная	7	11	32	48	28	43
Свая № 3 расстояние 8 м.							
20	радиальная	20	56	821	3200	177	354
	тангенциальная	15	30	810	2390	103	251
	вертикальная	24	36	1217	2219	71	163
Свая № 3 расстояние 40 м.							
20	радиальная	6	17	306	912	38	89
	тангенциальная	4	8	210	930	5	13
	вертикальная	6	10	192	487	18	37

Уменьшение суммарной энергии на погружение каждой последующей сваи указывает на изменение физического состояния грунтов ( в нашем случае водонасыщенных) являющегося следствием динамического воздействия на грунт при предыдущих погружениях. На это указывает и тот факт, что при погружении сваи № 3 от собственного веса и веса сваебойного оборудования, глубина погружения увеличилась с 4,5 до 4,7 м.

Из анализа данных табл. 2 следует, что, например, для сваи № 1 и сваи № 3 при равной энергии удара и одинаковом расстоянии до сейсмодатчиков (40м.) остаются практически неизменными значения радиальных и вертикальных смещений при увеличении тангенциальных. При погружении сваи № 3 в указанных условиях значительно увеличиваются максимальные и минимальные скорости: радиальные; тангенциальные; вертикальные значительно увеличиваются минимальные и максимальные радиальные ускорения при значительном уменьшении минимальных и максимальных тангенциальных и практически неизменных вертикальных.

Показатели свойств грунтов по объекту « Накопительный склад готовой продукции завода тропических масел в с. Новые Беяры» представлены в табл. 3, а геологическое строение на рис. 10. На указанной площадке производился контроль за энергией погружения 3-х свай из состава свайного поля.

Таблица 3. – Показатели свойств грунтов

№ ИГЭ	$\rho_s, \text{ г/см}^3$	$\rho_d, \text{ г/см}^3$	W	$I_L$	$I_p$	e	$\varphi, \text{ град.}$	C, кПа
2	2,70	1,55	0,22	0,09	0,11	0,742	21	30
3	2,70	1,45	0,27	1,25	0,07	0,860	11	16
4	2,72	1,52	0,22	0,07	0,14	0,783	14	23
5	2,70	1,47	0,25	0,67	0,09	0,836	11	16
6	2,72	1,50	0,26	0,19	0,16	0,813	20	26
7	2,73	1,57	0,26	<0	0,19	0,739	19	45

Инженерно-геологические условия участка где забивались сваи № 1, № 2, № 3 (у скважины № 4) согласно [3] характеризуются напластованием следующих слоёв (ИГЭ) от дна котлована на глубину до 18.80 м:

Слой 1 - насыпной слой из перевала суглинка со строймусором, мощность 0,60 м.



ИГЭ - 2 – суглинок лёссовидный, жёлтовато-бурый, полутвёрдый, мощн. 2,30 м, УГВ на глубине 1,30 м. от кровли слоя;

ИГЭ -3 – супесь лёссовая, палево-желтая с прослоями суглинка, от пластичной до текучей консистенции, мощн. 3,90 м;

ИГЭ -4 – суглинок лёссовый, коричневато-желтый, тугопластичный, мощн. 2,90;

ИГЭ -5 – суглинок лёссовый, бурый, светло-бурый, мягко-пластичный, , мощн. 1,60 м;

ИГЭ -6 – суглинок лёссовый, желтовато-коричневый, красновато-коричневый, полутвёрдый, мощн. 2,25 м;

ИГЭ -7 – глина красно-бурая, полутвёрдая, твердая, пройденная мощн. 5,25 м.



Рис. 10. Скв. № 4

Погружаемые сваи сечением 350x350 мм, длиной 15 м (рабочая длина свай). Все три сваи под собственным весом и весом сваебойного оборудования погрузились на 2.00 м.

Затраты энергии на погружение свай: № 1 - 11866 кДж; № 2 - 7720 кДж; № 3 - 7280 кДж.

### **Выводы**

Из вышеприведенного также очевидно, что в связи с изменением физических характеристик грунтов (не исключено и влияние неоднородности грунтовой толщи до погружения свай) в результате динамического воздействия при первом и последующих погружениях уменьшается суммарная энергия необходимая для погружения каждой последующей сваи.

### **SUMMARY**

The results of engineering and seismological research technological parameters of seismic effects on soil at different bases, their construction sites are represented. Comparative data are given parameters of seismic vibrations, depending on the distance

**and impact energy. Completed comparison of energy consumed to hollow piles depending on the order of the cavity and geological site condition surveys.**

**Литература:**

1. Научно-технический отчет по теме: «Исследование сейсмического влияния на грунт при выполнении работ с использованием молота сваебойного гидравлического МГ 5Ш», выполненного ДП «Сейсмобуд» Ассоциации Украинского сейсмостойкого строительства дог. № 6/07.07 от 0.07.2007;

2. Заключение об инженерно-геологических условиях площадки строительства 10-16-ти этажных жилых домов №№ 27, 28, 29 в МКР III-4-2 жилого района им. Котовского в г. Одессе, выполненного КП «Проходчик», дог №29 от 14.03.2005;

3. Заключение по инженерно – геологическим изысканиям для расширения комплекса по перегрузке и переработке тропических масел в с. Новые Беяры, Коминтерновского р-на, Одесской обл., выполненное ЧП «Укрнедра-Юг» , 04.2009г.