УДК 624.131.55 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.151.2015.69165

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСАДОК ПІСЧАНИХ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ ПРИ ДІЇ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ПІДПОРЯДКОВУЮТЬСЯ ГАРМОНІЧНОМУ ЗАКОНУ

Ас. В.А. Александрович
Д-р техн. наук Ю.Л. Винников

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДОК ПЕСЧАНЫХ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ПОДЧИНЯЮЩИХСЯ ГАРМОНИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ

Ас. В.А. Александрович
Д-р техн. наук Ю.Л. Винников

EXPERIMENTAL SETTLEMENTS ANALYSES OF SANDY FOUNDATIONS SOILS UNDER HARMONIC LOADS

As. V.A. Aleksandrovych
Doct. of techn. sciences Yu.L. Vynnykov

Викладено результати лоткових віброштампових дослідів. Аналізуються особливості виникнення та розвитку додаткових осідань піщаних основ фундаментів від дії динамічних навантажень. Встановлено залежності виникнення і розвитку додаткового осідання піщаних основ фундаментів від амплітуди та частоти динамічного навантаження, що підпорядковується гармонійному закону, при відповідній величині статичного тиску під штампом. При розвитку деформації за лінійною функцією ці осідання швидко перевищать нормативну величину.

Ключові слова: *віброповзучість, незв'язний ґрунт, штамп, фундамент, осідання, статичне та динамічне навантаження, гармонійний закон.*

Изложены результаты лотковых виброштамповых экспериментов. Анализируются особенности появления и развития дополнительных осадок песчаных оснований фундаментов от воздействия динамических нагрузок. Установлены зависимости возникновения и развития дополнительной осадки песчаных оснований фундаментов от амплитуды и частоты динамической нагрузки, которая подчиняется гармоническому закону, при соответствующей величине статического давления под штампом. При развитии деформации по линейной функции эти осадки быстро превысят нормативную величину.

Ключевые слова*: виброползучесть, несвязный грунт, штамп, фундамент, осадка, статическая и динамическая нагрузка, гармонический закон.*

Results of vibrostamp tests in container with soil are considering. Appearance and progress with time of supplementary settlement of sandy foundation soils under dynamic loads is analyzing. Appearance and progress with time of supplementary settlement of sandy foundation soils under harmonic loads are depended on key parameters of the load. According to our experimental studies we had identified the behavior of settlement in time, with various combinations of frequency, amplitude of forced vibration and static load as follows. After reaching settlement stabilization from the static load applied and the inclusion of the vibrator, depending on the amplitude of the forced oscillations of the vibrator it can starts an additional to the settlement already occurred from static loading. It could be two different kinds if vibrocreep settlemen: decaying settlement when its progress with time could be approximated by

logarithmic function and sustained settlement when its progress with time could be approximated by linear law most reasonably.

Keywords: keywords: vibrocreep, non-cohesive soil, stamp, foundation, settlement, static and dynamic loading, harmonic law.

Введение.

Значения механических характеристик дисперсных грунтов различного состава, структуры и состояния обычно снижаются в зависимости от режима динамического воздействия на них. Поэтому вибрация, удары, толчки и другие колебательные воздействия, широко проявляющиеся в городских условиях, негативно влияют на геотехнические свойства оснований фундаментов зданий и сооружений. Наиболее чувствительны к подобным воздействиям несвязные (песчаные) грунты, в особенности в водонасыщенном состоянии [1 – 3].

На несвязный грунт динамика влияет сильнее, чем статика. Так пески при существенном статическом давлении уплотняются мало, но дают значительную дополнительную осадку даже при малом динамическом влиянии. Связные увлажненные грунты (глины, суглинки) из минералов пластинчато-чешуйчатой формы чувствительнее к статическим нагрузкам, но мало реагируют на динамические воздействия вследствие наличия коллоидно-кристаллизационных связей между частицами [3]. Степень уплотнения песка зависит от формы, размера, характера укладки зерен, влажности грунта, частоты и силы пульсации нагрузки. Максимальные уплотнения и осадки характерны для частоты от 500 до 2500 колебаний в минуту (опасный интервал вибраций) – режим вибрации турбогенераторов, паровых турбин и некоторых других механизмов [3]. Но и другие режимы динамических воздействий (даже простые толчки, удары) при длительном влиянии могут вызывать значительные дополнительные осадки земной поверхности, оснований зданий и сооружений, которые мало изучены и слабо отражены в строительных нормах [4].

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.

При проектировании фундаментов под оборудование с динамическими нагрузками необходим учет влияния вибрации, передающейся через подошву фундамента на грунты. Она снижает их прочность, повышает сжимаемость, вызывает трещины в строительных конструкциях при превышении предела их прочности от сочетания статических и динамических напряжений. На уровень вибрации, кроме частоты и амплитуды вынужденных колебаний оборудования, влияет также тип и размеры фундаментов, частоты собственных колебаний конструкций и их элементов. В мелких и пылеватых водонасыщенных песках (особенно с органикой) проявляется виброползучесть грунтов. Поэтому целесообразны исследования виброустойчивости песчаных оснований жесткого штампа по авторской методике [5].

Анализ последних исследований и публикаций**.**

О.А. Савинов и др. [6 – 8] по аналогии со статикой [1] различают три фазы деформирования основания в зависимости от интенсивности совместного статического и динамического воздействия на него. Первая, начальная, имеет место при относительно небольших статических и динамических нагрузках, осадка основания происходит за счет уменьшения пористости грунтов. Вторая фаза характеризуется возникновением в массиве достаточно развитых областей пластических деформаций (даже при небольших динамических воздействиях возникают существенные осадки с тенденцией к их росту и удлинению сроков стабилизации [7]). Эти осадки происходят и в песчаных (в т. ч. плотных), и в глинистых грунтах. В третьей фазе осадки носят разрушительный характер и протекают с большой скоростью, на пример,

потеря устойчивости или погружение фундамента в грунт как в вязкую среду. Последний эффект тем значительней, чем больше грунт меняет свойства от динамических нагрузок.

Малоисследованным вопросом развития осадок оснований в третьей фазе деформирования остается количественное описание момента возникновения разжижения водонасыщенных песков, который рассмотрен в работах [7 – 13]. Их авторы основное внимание уделили особенностям поведения грунта непосредственно при разжижении, тогда как для инженерной практики важны и условия перехода грунта в разжиженное состояние – определение критических параметров вибрации, при которых начинается процесс уплотнения.

Определение целей и задачи исследования.

Цель работы –установить закономерности проявления дополнительной осадки песчаных оснований фундаментов машин с динамическими нагрузками, которые описываются гармоническим законом. При этом решены задачи: 1)по авторской методике проведены лотковые испытания песчаных грунтов жестким штампом при динамических нагрузках; 2)экспериментально исследовано влияние амплитуды и частоты динамической нагрузки при соответствующей величине статического давления под штампом на конечную осадку основания.

Основная часть исследования.

Исследования развития дополнительной осадки песчаного основания жесткого штампа во времени от действия динамических нагрузок проведено с помощью программно-аппаратного комплекса [14 – 16] изучения поведения грунтов при динамических воздействиях, подчиняющихся гармоническому закону. Грунт - песок средней крупности, водонасыщенный; плотность ρ=1,96*т/м*^{3}; плотность скелета ρ_d=1,62*т/м*^{3}; влажность w=0,21; коэффициент пористости e=0,64; угол внутреннего трения φ=33^0; удельное сцепление c=3кПа; модуль деформации E=38*МПа*.

Экспериментом установлено, что имеет место развитие осадки во времени при различных комбинациях частоты, амплитуды вынужденных колебаний и статического давления под штампом следующим образом. После стабилизации осадки основания от статической нагрузки и последующего включения вибратора в зависимости от амплитуды его вынужденных колебаний может начаться дополнительная, к уже реализованной от статического давления, осадке. Характер развития этой осадки во времени также зависит от величины амплитуды колебаний штампа, а от частоты колебаний возможность появления и характер развития дополнительной осадки во времени не зависит, однако это параметр регламентирует скорость ее развития по установленному закону.

По характеру своего развития осадка основания виброштампа бывает:

– затухающей, тогда ее развитие во времени наиболее корректно описывает логарифмическая функция (рис. 1 – 2);

– с возрастанием амплитуды колебаний скорость осадки увеличивается и в конечном итоге при достижении некоторого значения становится незатухающей, тогда ее аппроксимируют по линейному закону (рис. 3).

Величины коэффициента корреляции эмпирических формул для прогноза развития во времени дополнительных осадок основания штампа представлены на рис. 1 – 3. Во всех случаях получена тесная связь опытных данных.

Выводы из исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении.

После стабилизации деформации песчаного основания фундамента от статической нагрузки при последующем приложении динамической возможно развитие его дополнительной осадки. Если она описывается математической функцией, указывающей на затухание скорости осадки во времени с последующей стабилизацией, то прогноз величины осадки во времени сводится к определению закономерности, по которой протекает осадка, при достаточном для аппроксимации количестве экспериментальных замеров и с последующей экстраполяцией определенной функции на необходимый временной интервал.

При развитии деформации по линейному закону (незатухающая осадка), она достигает значительных величин уже в считанные часы от начала опыта, ее скорость постоянна на всем протяжении опыта. Устройство фундаментов на естественном основании с такой комбинацией частоты, амплитуды колебанийистатической нагрузки исключено ввиду получения сверхнормативных осадок фундаментов после пуска в работу источника вибраций.

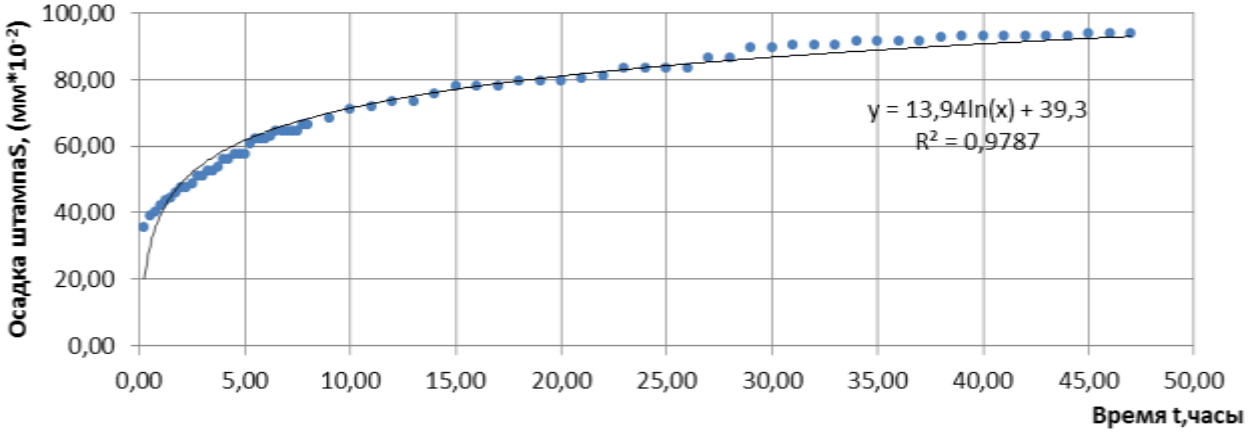

Рис. 1 График развития осадки во времени при частоте *f=10 Гц*, амплитуде колебаний *a=5 мкм,* статической нагрузке *P=0,3 МПа*

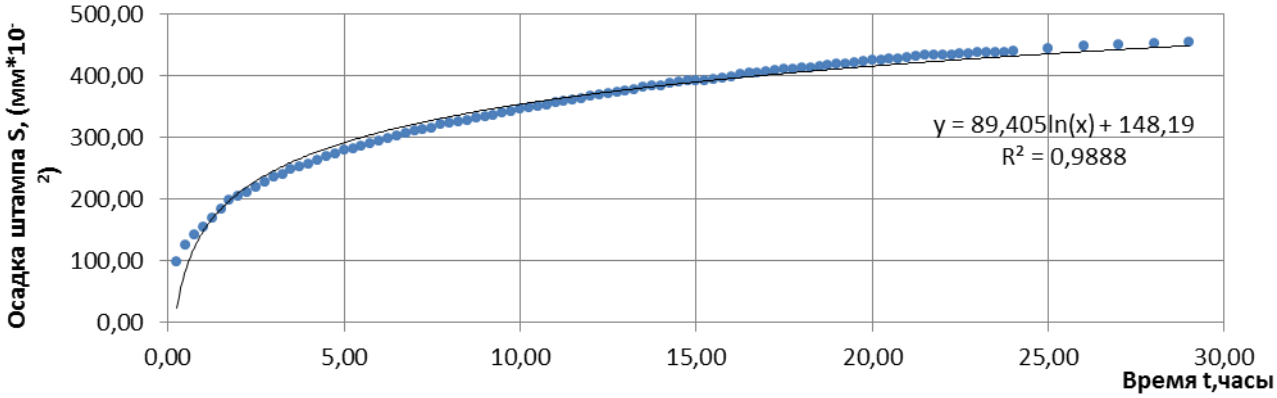

Рис. 2 График развития осадки во времени при частоте *f=10 Гц*, амплитуде колебаний *a=10 мкм,* статической нагрузке *P=0,3 МПа*

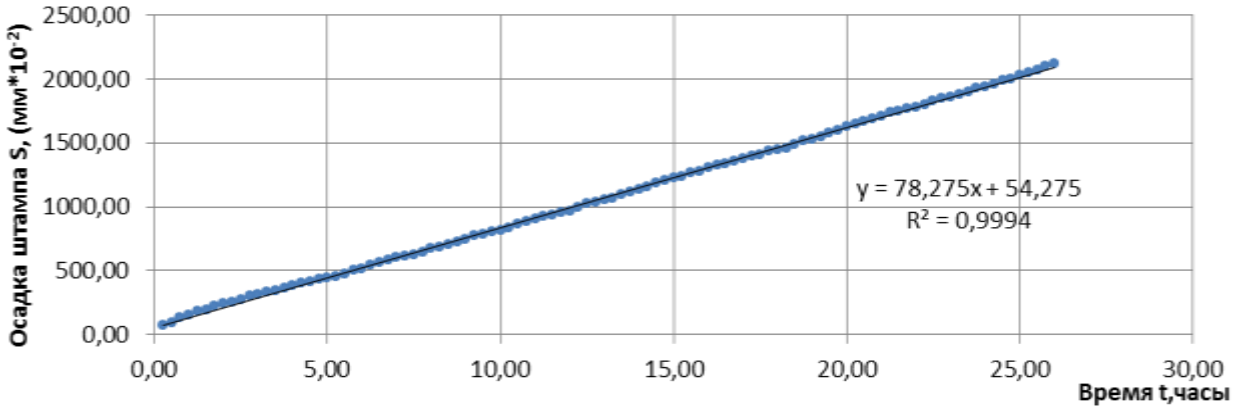

Рис. 3 График развития осадки во времени при частоте *f=10 Гц*, амплитуде колебаний *a=15 мкм,* статической нагрузке *P=0,3 МПа*

Список использованных источников

1. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. Підручник [Текст] / В.Б. Швець та ін. – Дн-вськ: «Пороги», 2014. – 232 с.

2. Braja, M. Das Shallow foundations. Bearing capacity and settlement[Текст] / Braja M. Das. – CRC Press. Taylor&FrancisGroup, 2009. – 327 p.

3. Осипов, В.И. Динамическое разжижение водонасыщенных грунтов: природа и факторы, его определяющие [Текст] / В.И. Осипов // Инженерная геология. – 1988. – №2. – С. 3 – 31.

4. ДБНВ.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будівель і споруд. Основні положення проектування. Зі змінами №1 і №2 [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2009. – 161 с.

5. Александрович, В.А. Установка для изучения поведения грунтов при динамических воздействиях[Текст] / В.А. Александрович // Зб. наук. праць (Галузеве машинобуд., буд-во). – Полтава: ПНТУ, 2010. – Вип. 28. – С. 14 – 16.

6. Савинов, О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет [Текст]/ О.А. Савинов. – Л.: Стройиздат, 1979. – 200 с.

7. Ставницер, Л.Р. Сейсмостойкость оснований и фундаментов [Текст]/ Л.Р. Ставницер // Монография. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 448 с.

8. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений[Текст] / П.Л. Иванов. – М.: Высш. шк., 1985. – 352 с.

9. Bahadori, H. Investigationonthedynamicpropertiedsand-tirechipsmixturebyshakingtable[Текст] / H. Bahadori, S. Manafi // Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris. – 2013. – P. 883 – 886.

10. ТрофимчукА.Н. Динамикапористоупругихнасыщенныхжидкостьюсред[Текст]/ А.Н. Трофимчук, А.М. Гомилко, О.А. Савицкий. – К.: Наук. думка, 2003. – 230 с.

11. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения[Текст] / В.А. Ильичев, Р.А. Мангушев и др. – М.: АСВ, 2014. – 728 с.

12. Винников, Ю.Л. Вплив вібраційного режиму котків на ущільнення малозв'язних розкривних порід [Текст] / Ю.Л. Винников та ін. // Зб. наук. праць (Галузеве машинобуд., буд-во). – Полтава: ПНТУ, 2009. – Вип. 25. – С. 40 – 49.

13. Казарновский, В.Д. О механизме накопления остаточных деформаций в уплотненных песчаных грунтах под воздействием кратковременных нагрузок [Текст] / В.Д. Казарновский // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2008. – № 5. – С. 2 – 4.

14. Александрович, В.А. Испытания виброустойчивости песчаных оснований фундаментов[Текст] / В.А. Александрович, В.Г. Таранов // Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб. наук. праць (будівництво). –Вип. 75: в 2-х кн.: Кн. 1. – К.: НДІБК, 2011. – С. 464 – 469.

15. Рекомендации по проведению полевых испытаний виброустойчивости оснований фундаментов турбоагрегатов [Текст] / НИИОСП – ДИИТ. – М.: ПЭМ ВНИИИС, 1986. – 30 с.

16. Aleksandrovych, V. Structure-soil massif system behavior features under static and dynamic loads [Текст]/ V. Aleksandrovych at al. // Proc. of the 18th Intern. Conf. onSoilMechanicsandGeotechnicalEngineering. – Paris. – 2013. – P. 1627 – 1629.

Александрович Вадим Анатольевич, ассистент кафедры механики грунтов, фундаментов и инженерной геологии Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова. Тел.: (057) 707-31-12.E-mail: v.a.aleksandrovich@mail.ua

Винников Юрий Леонидович, докт. техн. наук, профессор, профессор кафедры геотехники Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка. Тел.: (067) 256-42-86.E-mail: vynnykov@yandex.ru

Aleksandrovych Vadym Anatoliovych,assistant of department of Soil Mechanics Foundations and Geology O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. Tel.: (057)707-31-12. E-mail:v.a.aleksandrovich@mail.ua