

Вибрационные воздействия на лессовые грунты

¹*АРТЫКБАЕВ Дархан Жаксылыкович, PhD, декан, artykbaev_d@mail.ru,

¹БАЙБОЛОВ Канат Сейтжанович, к.т.н., ректор, kanat-bai@mail.ru,

²РАСУЛОВ Рустам Хаятович, д.т.н., профессор, rustam.rasulov65@mail.ru,

³КЕРИМОВА Акерке Исмадияровна, магистрант, akkerkerimova@mail.ru,

¹Университет имени Жумабека Ташенова, Казахстан, Шымкент, ул. Токаева, 27а,

²Ташкентский архитектурно-строительный институт, Узбекистан, Ташкент, ул. А. Кадыри, 7,

³Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова, Казахстан, Шымкент, пр. Тауке хана, 5,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Характерным для уплотнения лессовых грунтов при вибрационных воздействиях является накопление объемных деформаций во времени. Это объясняется постепенным накоплением взаимных смещений частиц от каждого отдельного периода колебаний. При увеличении частоты сотрясения взаимные смещения частиц накладываются и происходит процесс их продолжительного смещения. Анализируются возможные случаи проявления вибрационных воздействий в лессах при различных динамических воздействиях. Отмечается роль толщины слоя, залегающего выше уровня подземных вод, в увеличении величины виброползучести грунта. Накопление деформаций во времени при постоянных ускорениях колебаний и напряжениях называется виброползучестью грунта.

Ключевые слова: виброползучесть, плотность грунта, колебание, деформация, трение, частота, напряжение, точность, ускорение.

Введение

Влияние виброползучести особенно четко проявляется в водонасыщенном лессовом грунте, подвергающемся интенсивному колебанию. Как показывают опыты, в таком состоянии лесса силы внутреннего трения между частицами под действием вибрации могут полностью уничтожиться, и грунт приобретает механические свойства вязкой жидкости. В таком лессе тела с плотностью, превышающей его плотность, тонут с некоторой скоростью, а с меньшими – всплывают [1].

Ползучее свойство грунта, проявляющееся в условиях вибрации можно характеризовать коэффициентом виброползучести [2]. Коэффициент виброползучести лесса и факторы, оказывающие влияние на этот показатель, практически с достаточной точностью определяются с помощью метода «шариковой пробы» Н.А. Цытовича. В основу этого метода положена известная формула Стокса, устанавливающая зависимость скорости v движения шарика в вязкой среде от силы N , действующей на него, радиуса шарика r и коэффициента виброползучести η

$$N = 6 \pi \eta v r. \quad (1)$$

Методы исследования

Проведенные исследования по изучению проявления виброползучести и процесса протекания этого явления показали, что виброползучесть зависит от многих факторов, главными из них явля-

ются: состояние плотности – влажности грунта, его минералогический и гранулометрические составы, прочностные характеристики (угол трения и сцепления), действующая на грунт внешняя нагрузка, сила и характер вибрационного воздействия (ускорение, частота, амплитуда, период и длительность колебаний) и др.

В результате такого рода опытов составлены графики зависимости погружения шарика от времени для разных величин нагрузок при неизменном сохранении значения ускорения колебаний. Результаты исследований показали переменную скорость погружения шарика в грунт в начале опыта и далее уменьшение этой скорости по мере увеличения глубины. Вместе с тем, по мере погружения шарика ускорение погружения стремится к нулю, и скорость приобретает более или менее постоянное значение. Это обстоятельство зависит от величины приложенной к шарикау нагрузки и значения ускорения колебательного движения.

Зависимость между установившейся скоростью погружения шарика и нагрузкой, действующей на него, имеет линейный характер (рисунок 1). Коэффициент пропорциональности между нагрузкой, приложенной на шарик и установившейся скоростью его погружения (коэффициент виброползучести), как это усматривается из рисунка 1, существенно зависит от ускорения колебаний. На рисунке 2 иллюстрируется график зависимости величины коэффициента виброползучести от ускорения колебаний. Как ус-

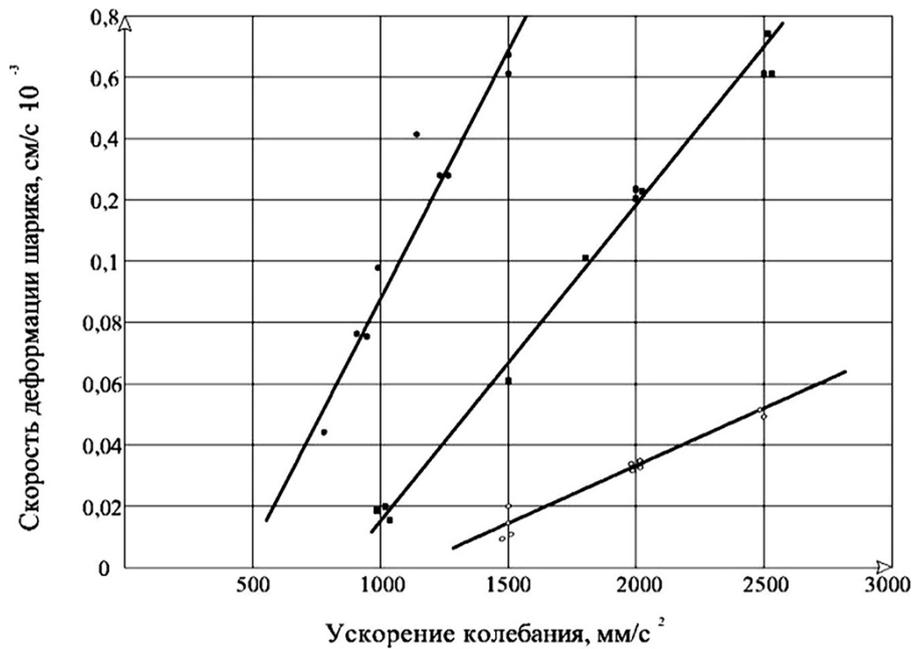


Рисунок 1 – График зависимости скорости погружения шарика в грунт от интенсивности колебания

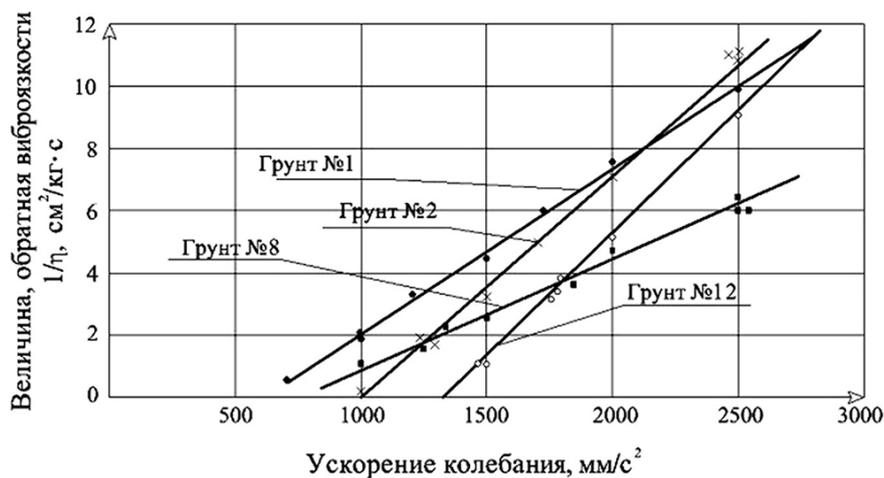


Рисунок 2 – Зависимость $1/\eta$ от ускорения колебаний для лессовых грунтов

матривается из этого графика, при ускорениях колебаний, меньших $1,5g$ (где g – ускорение силы тяжести), колебания лесса практически не оказывает влияния на величину коэффициента виброползучести грунта. Только при $\eta > 1,5g$ начинается уменьшение коэффициента виброползучести. Связь между (коэффициентом виброползучести и ускорением колебаний приблизительно можно представить в виде:

$$\eta = \beta \times (\alpha - \alpha_0), \quad (2)$$

где α_0 – порог виброползучести грунта (лесса).

Зависимость величины сил сцепления в связных грунтах от их состояния влажности позволяет предполагать, что коэффициент виброползучести также будет зависеть от влажности лесса [3]. В этом направлении также были проведены исследования на вибрационной установке, методи-

ка которых аналогична опытам по определению зависимости коэффициента виброползучести от ускорения колебательного движения. Опыты проводились с тем же шариком и в тех же лессовых грунтах различной влажности, однако ускорение колебаний, а также приложенная к шариком статическая нагрузка оставались во всех исследованиях неизменными.

На рисунке 3 иллюстрируется график зависимости величины виброползучести лессов от влажности грунта, из которого усматривается, что коэффициент виброползучести грунта не постоянен во времени и зависит от величины сил сцепления (вязкости) лесса [4].

Вместе с тем силы сцепления, как коэффициент вязкости глинистых пород, может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от степени увлажнения. Уменьшение силы сцепления в до-

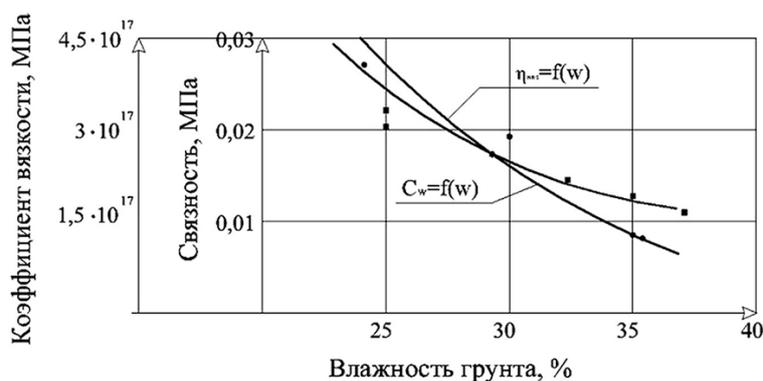


Рисунок 3 – Характер изменения связности и вязкости грунта при увлажнении

полнительно насыщенных водой грунтах снижает значение коэффициента виброползучести [5].

Если предположить, что величина сил сцепления (связности) в грунтах зависит от содержания в них влаги, то можно считать, что коэффициент виброползучести также будет зависеть от влажности грунта. В наших опытах всякое увеличение влажности грунта (например, до 12-13%) приводило к повышению значения коэффициента виброползучести (в 8 и более раз). Дальнейшее увеличение влажности вызывает постепенное уменьшение его величины.

Научные результаты

Результаты многочисленных опытов по исследованию зависимости коэффициента виброползучести от влажности грунта позволяют предполагать, что при всех прочих равных условиях погружение шарика вибрированием (отсюда увеличение коэффициента виброползучести) будет происходить с наибольшей скоростью в том случае, когда грунт находится полностью в водонасыщенном состоянии [6].

В исследованиях с лессовыми грунтами определены некоторые специфические особенности:

- уплотнение увлажненного лесса при колебании проявлялось через некоторое время после приложения нагрузки;
- интенсивность уплотнения в начальный момент характеризовалась сравнительно низкими значениями и постепенно возрастала до опреде-

ленной величины, пока не достигнет стабильного состояния;

- длительность нахождения в стабильном состоянии деформации зависела от влажности грунта.

Это свидетельствовало о необходимости учета длительности колебания наряду с его интенсивностью при оценке виброползучести грунта, что дало возможность величину времени, необходимую для проявления ползучей деформации грунта поставить в зависимость в первую очередь от прочности связей (сцепления) лесса [7].

Известно, что неустойчивость структуры лессовых грунтов объясняется характерной слабой связностью их структурных элементов. Прочность связей зависит от состава и водостойкости агрегирующего вещества. Способность размягчения и растворения в воде природного цементирующего вещества, создающего связность между частицами лесса, определяет полностью или в значительной степени характер связей.

Заключение

В итоге можно сделать вывод о том, что если силы сцепления (связности) между частицами грунта не нарушаются действующими колебаниями, то грунт не деформируется. Виброползучее состояние грунта не проявляется также тогда, когда длительность колебания измеряется лишь несколькими секундами (например, длительность взрывного воздействия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расулов Х.З. Сейсмопрочность и сейсмопросадка лессовых грунтов. – Ташкент: Изд-во «Фан», АН Респ. Узбекистан, 2021. 335 с.
2. Расулов Х.З., Нарбаев С.М. Лессовые грунты. – Ташкент, 2012. 158 б.
3. Расулов Х.З., Артыкбаев Д.Ж., Байболов К.С. Порог сейсмопросадочности как критерий устойчивости структуры лессовых грунтов // Вестник Казахстанко-Британского технического университета. Том 16. Выпуск 2. Алматы, 2019.
4. Расулов Р.Х. Сейсмопросадочная деформация увлажненных лессов и оценка устойчивости оснований: Дис. ... докт. техн. наук: 05.09.02. – Ташкент: ТИАС, 2018. – 184 с.
5. Rasulov H.Z., Artykbaev D.Z. Critical of Slopes Stability at Seismic Flactuation // OEAPS: Fundamental find applied scientific research, International scientific and practical conference. – Berlin, 2019. – pp. 68-71.
6. Rasulov H., Rasulov R. Increment of seismicity of the building area depending on soil conditions // Extended Abstracts of the 15 th Asian Regional Conference on soil mechanics and Geotachnical Engineering. – Tokyo, 2015. – P. 88.

7. Расулов Х.З., Артыкбаев Д.Ж., Байболов К.С. Сейсмоустойчивая крутизна откосов // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева. – 2018. – № 3 (106). – С. 17-21.

Лессалық грунттардың вибрацияға әсері

¹***АРТЫҚБАЕВ Дархан Жақсылықұлы**, PhD, декан, artykbaev_d@mail.ru,

¹**БАЙБОЛОВ Канат Сейтжанович**, т.ф.к., ректор, kanat-bai@mail.ru,

²**РАСУЛОВ Рустам Хаятұлы**, т.ф.д., профессор, rustam.rasulov65@mail.ru,

³**КЕРИМОВА Акерке Исмадиярқызы**, магистрант, akerkekerimova@mail.ru,

¹Жұмабек Ташенов атындағы университеті, Қазақстан, Шымкент, Тоқаяев көшесі, 27а,

²Ташкент сәулет-құрылыс институты, Өзбекстан, Ташкент, А. Қадыри көшесі, 7,

³Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Уақыт бойынша көлемдік деформациялардың жинақталуы лесс грунттарының нығыздалуы вибрацияның әсерінен болады. Бұл тербелістердің әрбір жеке кезеңінен бөлшектердің өзара орын ауыстыруларының бірте-бірте жинақталуына байланысты. Тербеліс жиілігінің жоғарылауымен бөлшектердің өзара орын ауыстырулары қабаттасып, олардың ұзақ уақыт орын ауыстыру процесі жүреді. Әртүрлі динамикалық әсерлер кезінде лесс грунттарына діріл әсерлерінің жағдайлары талданады. Жер асты су деңгейінің жоғарғы жағында орналасқан, қабат қалыңдығы грунттың вибрациялық өлшемдерінің ұлғаюын анықтайды. Тұрақты тербеліс үдеулері мен кернеулер кезінде деформациялардың уақыт бойынша жинақталуы грунттың вибрациялық шөгуді деп аталады.

Кілт сөздер: вибрациялық шөгуді, грунттың тығыздығы, тербеліс, деформация, үйкеліс, жиілік, кернеу, дәлдік, үдеу.

Vibration Impact on Forest Soils

¹***ARTYKBAEV Darkhan**, PhD, Dean, artykbaev_d@mail.ru,

¹**BAIBOLOV Kanat**, Cand. of Tech. Sci., Rector, kanat-bai@mail.ru,

²**RASULOV Rustam**, Dr. of Tech. Sci., Professor, rustam.rasulov65@mail.ru,

³**KERIMOVA Akerke**, master student, akerkekerimova@mail.ru,

¹Zhumabek Tashenov University, Kazakhstan, Shymkent, Tokayev Street, 27a,

²Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Uzbekistan, Tashkent, A. Kadyri Street, 7,

³Mukhtar Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5,

*corresponding author.

Abstract. Characteristic for forest soils under vibration impacts is the accumulation of deformation volumes over time. This is explained by the gradual accumulation of mutual shifts from each individual flare period. When the shaking frequency occurs, mutual random particles overlap and the process of their event duration occurs. Possible cases of manifestation of vibration effects in loess under various dynamic effects are analyzed. The role of the thickness of the layer lying above the groundwater level in increasing the magnitude of the soil vibrouility is noted. The accumulation of deformations in time under the observed vibrations and stresses is called vibrocreep of the soil.

Keywords: vibrocreep, soil density, oscillation, deformation, measurement, frequency, stress, rise, acceleration.

REFERENCES

1. Rasulov Kh.Z. Seismic strength and seismic subsidence of loess soils. – Tashkent: Publishing house «Fan», AN Rep. Uzbekistan, 2021. 335 p.
2. Rasulov Kh.Z., Narbaev S.M. Loess soils. – Tashkent, 2012. 158 p.
3. Rasulov Kh.Z., Artykbaev D.Zh., Baibolov K.S. The threshold of seismic subsidence as a criterion for the stability of the structure of loess soils // Bulletin of the Kazakh-British Technical University. Volume 16. Issue 2. Almaty, 2019.
4. Rasulov R.Kh. Seismic subsidence deformation of wetted loesses and assessment of foundation stability: Cand. ... Doctor of Engineering Sciences: 05.09.02. – Tashkent: TIAS, 2018. – 184 p.
5. Rasulov N.Z., Artykbayev D.Z. Critical of Slopes Stability at Seismic Flactuation // OEAPS: Fundamental find applied scientific research, International scientific and practical conference. – Berlin, 2019. – pp. 68-71.
6. Rasulov N., Rasulov R. Increment of seismicity of the building area depending on soil conditions // Extended Abstracts of the 15th Asian Regional Conference on soil mechanics and Geotachnical Engineering. – Tokyo, 2015. – P. 88.
7. Rasulov Kh.Z., Artykbaev D. Zh., Baibolov K.S. Seismic-resistant steepness of slopes // Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications. Tynyshpaev. – 2018. – No. 3 (106). – pp. 17-21.