

## **Vibration Creep of Hold Soils**

**N.Z.Rasulov<sup>1</sup>**

**A.U. Tashkhodzhaev<sup>2</sup>**

**R. Normatova<sup>3</sup>**

**Аннотация.** Учет реологических свойств (ползучести) глинистых грунтов при решении задач механики грунтов важен, поскольку многие неточности в прогнозах, связанных с грунтами, возникают из-за недоучета этих свойств, характерных для глинистых грунтов. В докладе рассматриваются вопросы вибрационной ползучести увлажненных лессовых грунтов, связанные с осадками конструкций и допустимой нагрузкой на грунт. Методика экспериментальных исследований и результаты экспериментов по зависимости коэффициента вибрации грунта представлены зависимости ползучести от ускорения колебаний. Установлены факторы, влияющие на вибрационные ползучие деформации леса, в том числе роль сцепления грунта и продолжительность тряски. Результаты исследований имеют большое значение в практике строительства уникальных инженерных сооружений в сейсмических районах.

<sup>1</sup>Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Doctor of Technical Sciences

<sup>2</sup>Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Ph.D.

<sup>3</sup>Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Master

**Введение.** Накопление объемных деформаций с течением времени характерно для уплотнения лессовых грунтов при вибрационном воздействии [1-5]. Это связано с постепенным накоплением взаимных смещений частиц от каждого отдельного периода колебаний. По мере увеличения частоты сотрясения взаимные перемещения частиц накладываются друг на друга и происходит процесс их непрерывного перемещения [6-9].

Вибрационной ползучестью грунта называют накопление деформаций во времени при постоянном ускорении колебаний и напряжений [6].

Влияние вибрационной ползучести особенно ярко проявляется ввод насыщенных лессовых почвах, которые подвергаются интенсивному сотрясению. Как показывают эксперименты, в таком состоянии лесса силы внутреннего трения между частицами под действием вибрации могут быть полностью разрушены, и грунт приобретает механические свойства вязкой жидкости [10-14]. В таком лессу тела с плотностью, превышающей его плотность, погружаются с определенной скоростью, а с меньшей скоростью всплывают.

**Методы.** Ползучее свойство грунта, проявляющееся в условиях сотрясения, можно охарактеризовать коэффициентом вибрационной ползучести [6]. Коэффициент вибрационной ползучести лесса и факторы, влияющие на этот показатель, определены с почти достаточной точностью методом «шарового испытания» Н.А. Цытовича. Этот метод основан на формуле Стокса, которая устанавливает зависимость скорости  $v$  движения шара в вязкой среде от силы  $N$ , действующей на него, радиуса шара  $r$  и коэффициента вибрационной ползучести  $\eta$  (1):

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

Исследования на проявление вибрации ползучести и процесс этого явления показали, что вибрация ползучести зависит от многих факторов, основными из которых являются: Государственный плотности-влажности грунта, их минералогический и гранулометрический составы, прочностных характеристик (угла внутреннего трения и сплоченность), внешняя нагрузка, действующая на грунт, силу и характер вибрации эффект (ускорение, частота, амплитуда, период и продолжительность вибрации) и др. [15-18].

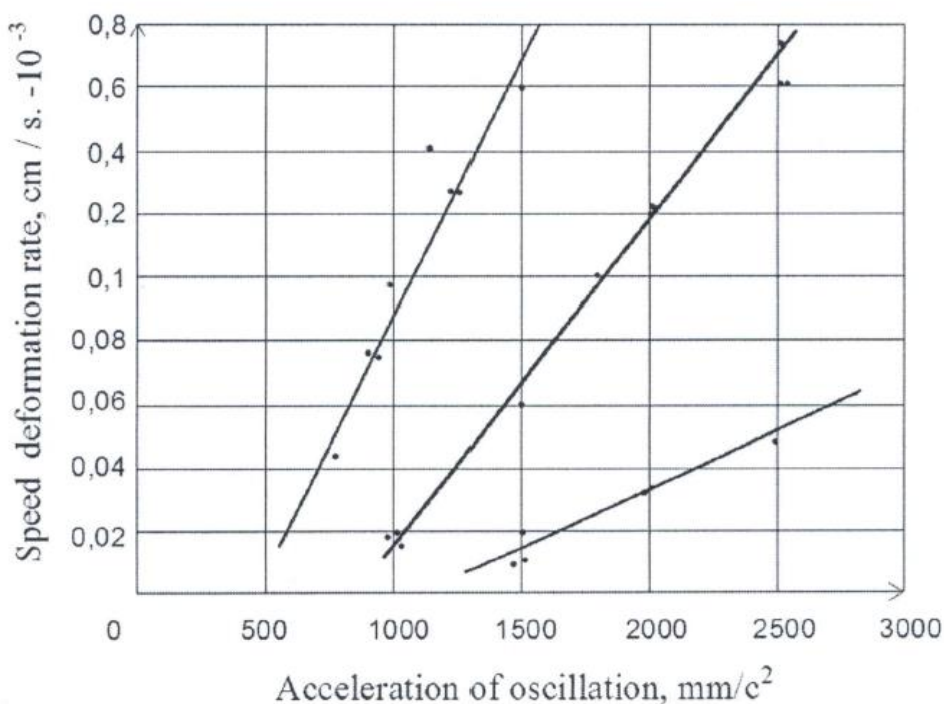
Методика проведения экспериментов по изучению зависимости коэффициента вибрации грунта ползучесть по ускорению колебаний была следующей.

Грунт с определенной плотностью и влажностью помещали в испытательный сосуд виброагрегата. Затем при постоянном значении ускорения колебаний регистрировалось погружение шара под действием различных статических нагрузок, действующих на него. После завершения экспериментов с определенным значением виброускорения при заданной статической нагрузке значение ускорения изменяли, исследование погружения проводили снова при следующих значениях нагрузки и так далее.

**Результаты и обсуждение.** В результате такого рода экспериментов составляются графики зависимости погружения шара от времени при различных значениях нагрузки, при этом величина ускорения колебаний остается неизменной. Результаты исследований показали переменную скорость погружения шара в грунт в начале эксперимента, а затем уменьшение этой скорости по мере увеличения глубины.

Однако по мере погружения шара ускорение погружения стремится к нулю, а скорость становится более или менее постоянной. Это обстоятельство зависит от величины нагрузки, приложенной к шару, и величины об ускорении колебательного движения.

Коэффициент пропорциональности между нагрузкой, приложенной к шару, и установившейся скоростью его погружения (коэффициент вибрационной ползучести), как видно из рис 1 существенно зависит от ускорения колебаний.



**Рис. 1. График зависимости скорости погружения шара в грунт от интенсивности колебаний**

На рис.2 показан график зависимости величины коэффициента вибрационной ползучести от ускорения колебаний. Как видно из этого графика, при ускорении колебаний меньшие колебания леса практически не влияют на величину коэффициента вибрационной ползучести почвы. Только при  $g_j > 1,5 g$  коэффициент вибрационной ползучести начинает уменьшаться. Зависимость между коэффициентом вибрационной ползучести и ускорением колебаний можно приблизительно представить в виде:

$r = x(0), (2)$  где  $a_0$  - порог вибрационной ползучести грунта.

$$\eta = \beta \times (a - a_0) \quad (2)$$

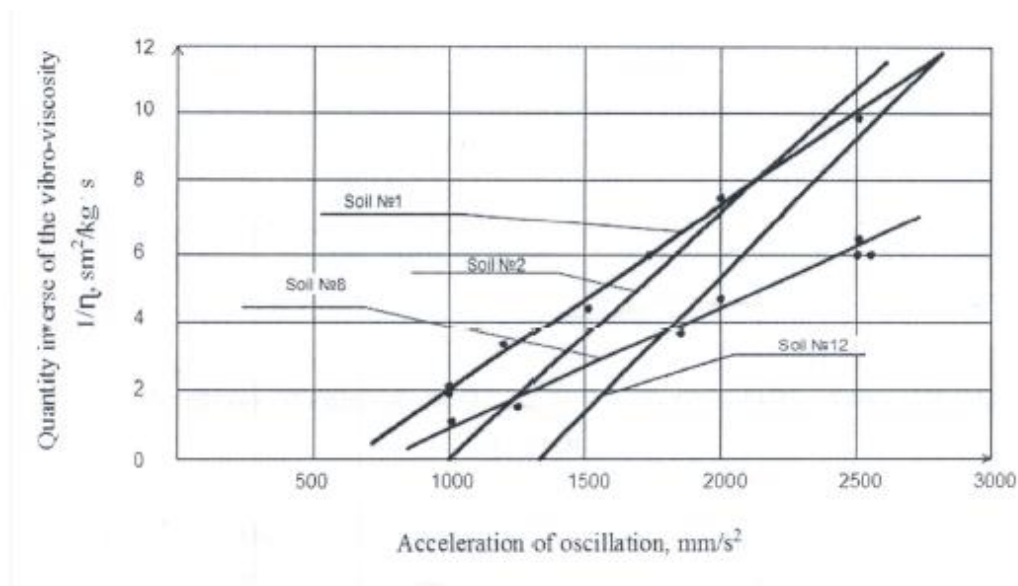


Рис. 2. Зависимость  $1 / \eta$  от виброускорения для лессовых грунтов

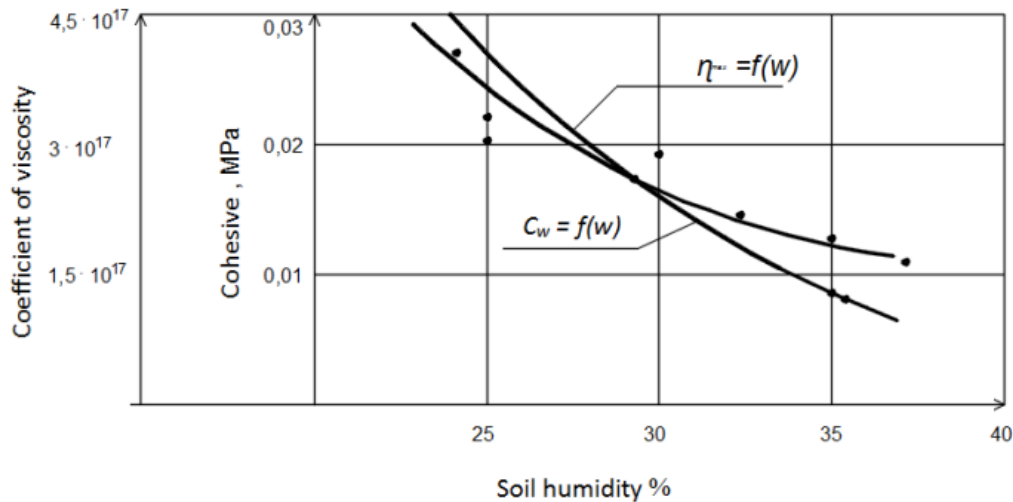
Зависимость сил сцепления в связных грунтах от их влажностного состояния позволяет предположить, что коэффициент вибрационной ползучести будет также зависеть от влажности лесса. В этом направлении были также проведены исследования на вибрационной установке, метод которых аналогичен экспериментам по определению зависимости коэффициента вибрационной ползучести от ускорения колебательного движения. Эксперименты проводились с одним и тем же шаром и в одних и тех же лессовых грунтах различной влажности, однако ускорение колебаний, а также статическая нагрузка, приложенная к шару, оставались неизменными во всех исследованиях.

На рис. 3 показан график зависимости величины вибрационной ползучести лесов от влажности почвы.

Из рисунка видно, что коэффициент вибрационной ползучести грунта не постоянен во времени и зависит от сил сцепления лесса.

Однако силы сцепления, как и коэффициент вязкости глинистых грунтов, могут увеличиваться или уменьшаться в зависимости от степени увлажнения. Уменьшение силы сцепления в дополнительно вод насыщенных грунтах снижает величину коэффициента вибрационной ползучести.

Если предположить, что величина сил сцепления в грунтах зависит от содержания в них влаги, то можно предположить, что коэффициент вибрационной ползучести также будет зависеть от влажности грунта. В наших опытах любое увеличение влажности почвы (например, до 12-13%) приводило к увеличению значения коэффициента вибрационной ползучести (в 8 и более раз). Дальнейшее увеличение влажности вызывает постепенное снижение ее величины.



**Рисунок 3. Характер изменения вязкости и вязкости грунта при увлажнении**

Результаты экспериментов по зависимости коэффициента вибрационной ползучести от влажности почвы свидетельствуют о том, что при прочих равных условиях шар будет погружаться под действием вибрации (отсюда и увеличение коэффициента вибрационной ползучести) с наибольшей скоростью в том случае, когда почва находится в полностью вод насыщенном состоянии.

В исследованиях с лессовыми почвами мы столкнулись с некоторыми специфическими особенностями:

- демпфированное уплотнение лесса при колебании было показано через некоторое время после приложения нагрузки;
- интенсивность уплотнения в начальный момент характеризовалась относительно низкими значениями и постепенно увеличивалась до определенного значения, пока не достигала стабильного состояния;
- продолжительность нахождения в устойчивом деформационном состоянии зависела от влажности почвы.

Это указывало на необходимость учета длительности колебаний наряду с их интенсивностью при оценке вибрационной ползучести грунта, что позволило сделать количество времени, необходимое для проявления ползучей деформации грунта, зависящим в первую очередь от прочности лессовых сцеплений.

Известно, что неустойчивость структуры лессовых почв обусловлена характерной слабой связностью их структурных элементов. Прочность связи зависит от состава и водостойкости агрегирующего вещества. Способность размягчать и растворять в воде природное цементирующее вещество, создающее связность между частицами лесса, определяет характер связей в полной или значительной степени.

Характер связности лессовых грунтов выражается физико-химической природой связей, их водостойкостью и механической прочностью. Предположим, что почва имеет рыхлое сложение и обладает силами сцепления. Потеря устойчивости структуры такого грунта

возможна тогда, когда силы сцепления между его отдельными частицами нарушаются под воздействием давления на контактные частицы при колебаниях.

**Выводы.** Анализ результатов исследования в свете вышеизложенного предположения показывает, что необходимы условия для нарушения структуры связанных грунтов и перехода в ползучее состояние:

- рыхлое сложение частиц грунта, при котором пористость грунта до колебаний  $n$ , вызывающих нарушение его структуры, была бы больше пористости грунта  $h$  после воздействия данного фактора, т. е.

$$n_n > n_k$$

- интенсивность колебаний, как и ускорение, должна быть способна нарушать силы сцепления между частицами грунта;
- длительность колебаний должна составлять время, необходимое для возникновения устойчивого ползучего состояния грунта;
- если силы сцепления между частицами почвы не нарушаются активными колебаниями, то почва не деформируется. Вибрационное ползучее состояние грунта также не проявляется, когда длительность вибрации измеряется всего за несколько секунд (например, длительность взрывного воздействия).

### Литература

1. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. - М., «Высшая школа», 1985, С. 65-81.
2. Реологические свойства грунтов и их учет, [pandia.ru text/77/298/96672.php](http://pandia.ru/text/77/298/96672.php)
3. *Ишихара К.* Поведение грунтов при землетрясениях / пер. с англ. под ред. А.Б. Фадеева, М.Б. Лисюка. СПб.: Изд-во НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект», 2006. 384 с.
4. *Вознесенский Е.А.* Динамическая неустойчивость грунтов: монография. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 264 с.
5. *Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Мирный А. Ю., Соболев Е.С., Анжело Г.О.* Влияние частоты и длительности вибрационных трехосных испытаний в вибростабилометре на развитие дополнительных деформаций песчаных грунтов // Сборник статей научнотехнической конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научнотехническое сопровождение», СПбГАСУ, Санкт-Петербург, 2014. С. 450-455.
6. Расулов Х.З. Сейсмостойкость грунтовых оснований. -Т. «Узбекистан», 1984, 192с.
7. *Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З.* Деформации ползучести грунтов при циклическом и вибрационном воздействиях // Груды 18-го Польско-Российско-Словацкого семинара «Теоретические основы строительства», г. Москва - г. Архангельск, 01-05.07.2009. Варшава, 2009. С. 473-480.
8. ASTM 3999-96. Standard test methods for the determination of the modulus and damping properties of soils using the cyclic triaxial apparatus. USA: ASTM, 2003.
9. Экспериментальные основы реологии глинистых фунтов, [geoenv.ru index, php/ru](http://geoenv.ru/index.php/ru)

publbcations/221

10. *Потанов А.Д., Платов Н.А., Лебедева М.Д.* Песчаные грунты. М.: Изд-во АСВ, 2009. 256 с.
11. *Тер-Мартirosян З.Г.* Механика грунтов: монография. М.: Изд-во АСВ, 2009. 552 с.
12. *Maxfield B.* Essential MATHCAD for Engineering, Science, and Math. Academic Press, 2009. 528p.
13. ASTM 5311-96. Standard test methods for load controlled cyclic triaxial strength of soil. USA: ASTM, 2000.
14. Болен К., Строкова Л.А. Определение характеристик ползучести глинистых грунтов. [Cyberleninka.ru](http://cyberleninka.ru) ГРНТИ
15. Ползучесть и виброползучесть волопасы шейного грунта, [dslib.net](http://dslib.net) polzuchest -1 - vibropolzuchestgruntov