



УДК 624.131.54

Р.Р. Хасанов – кандидат технических наук, доцент

Р.Р. Гиниятуллин – магистр техники и технологии

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЯХ

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований деформативности водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагрузениях, проведенных в лаборатории грунтоведения кафедры оснований и фундаментов, динамики сооружений и инженерной геологии КазГАСУ. Выполнен анализ результатов исследований и установлены некоторые закономерности поведения глинистых грунтов при циклических нагрузениях.

R.R. Khasanov – candidate of technical sciences, associate professor

R.R. Ghiniatullin – master of technics and technology

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

EXPERIMENTAL STUDIES OF DEFORMATION OF WATER SATURATED CLAYEY SOILS UNDER CYCLIC LOADS

ABSTRACT

In this article the results of experimental studies of deformation of water saturated clayey soils under cyclic loads are considered. The experiments were performed at laboratory of bases, foundations, dynamics of buildings and engineering geology department. The analysis of studies' results is done, and some regularities of clayey soils' behavior under cyclic loads are observed.

При современных темпах интенсивного развития техники и технологии, транспортной отрасли, строительства все чаще возникают вопросы, связанные с оценкой несущей способности и деформативности оснований фундаментов зданий и сооружений при многократно повторяющихся циклических нагрузениях.

Примером циклической нагрузки могут служить различные транспортные сооружения, которые передают на грунт повторяющиеся во времени нагрузки. Эти нагрузки появляются от попеременного наличия или отсутствия транспорта на мостах, дорогах, тоннелях и т.п. сооружениях.

Более ярким примером циклической нагрузки являются динамические воздействия на основания от различного рода машин и механизмов, применяемых в различных отраслях промышленности. В целом ряде случаев эти воздействия являются основными, определяющими несущую способность и эксплуатационную пригодность оснований.

В отечественной и зарубежной практике строительства известно много случаев потери устойчивости оснований, сложенных водонасыщенными глинистыми грунтами, от действия циклической нагрузки, приводящей к разрушениям отдельных конструкций или же зданий и сооружений в целом.

В настоящее время, несмотря на актуальность проблемы, поведение водонасыщенных глинистых грунтов при многократно повторяющихся нагрузениях остается весьма малоизученным.

В целях экспериментального изучения деформативности вышеупомянутых грунтов при воздействии на них циклических нагрузок и установления некоторых закономерностей в лаборатории грунтоведения кафедры оснований и фундаментов, динамики сооружений и инженерной геологии КазГАСУ была проведена серия испытаний водонасыщенных глинистых грунтов на приборе компрессионного сжатия (одометре).

В качестве испытуемого образца грунта был принят суглинок со следующими физическими характеристиками: $\rho=1,88 \text{ г/см}^3$; $\rho_s=2,71 \text{ г/см}^3$; $W_p=18\%$, $W_L=31\%$, $e=1,08$. Образцы грунтов изготавливались в соответствии с приложением «В» ГОСТ 30416-96 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения». Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 12248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости».

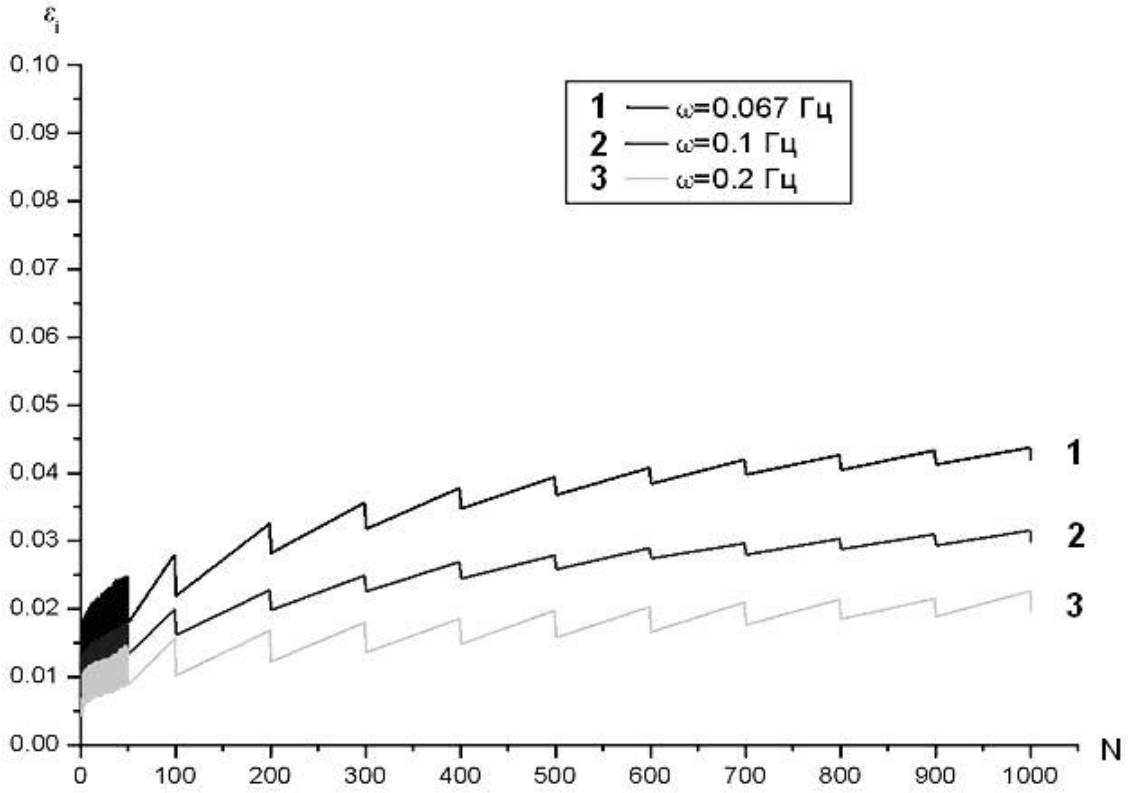


Рис. 1. График зависимости относительной деформации грунта от количества циклов $e-N$ для образцов с влажностью $W=23\%$, при разных частотах циклов нагружения

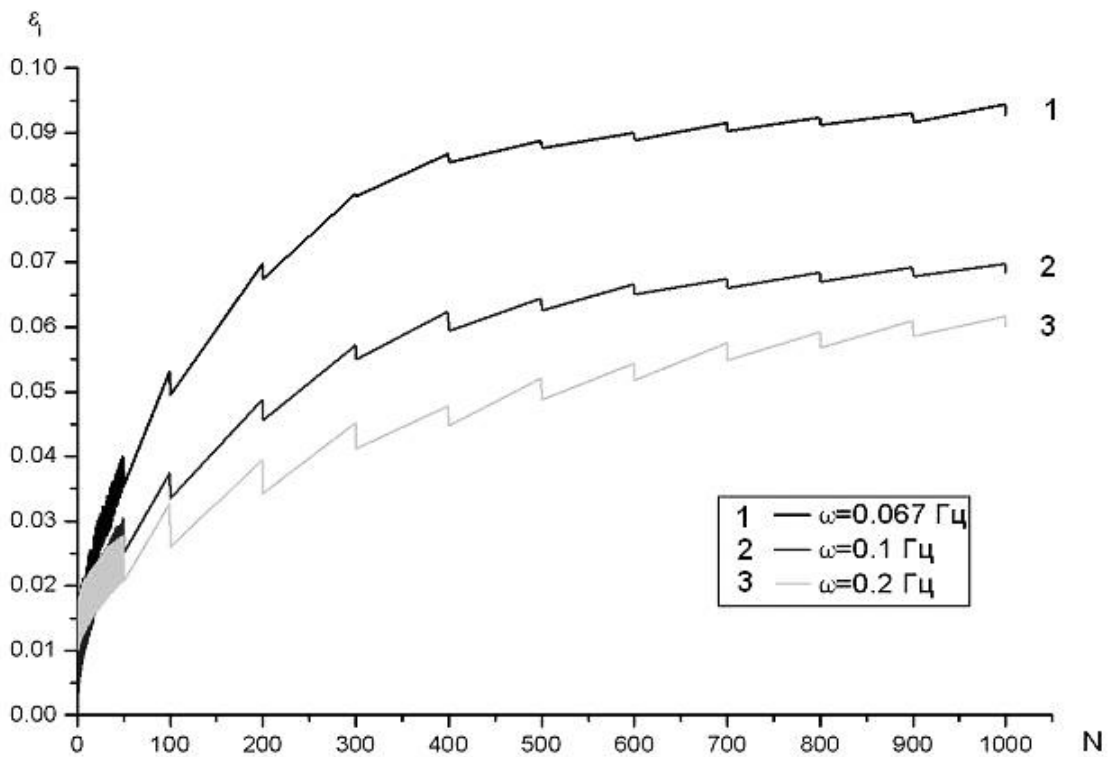


Рис. 2. График зависимости $e-N$ для образцов с влажностью $W=28\%$, при разных частотах циклов нагружения

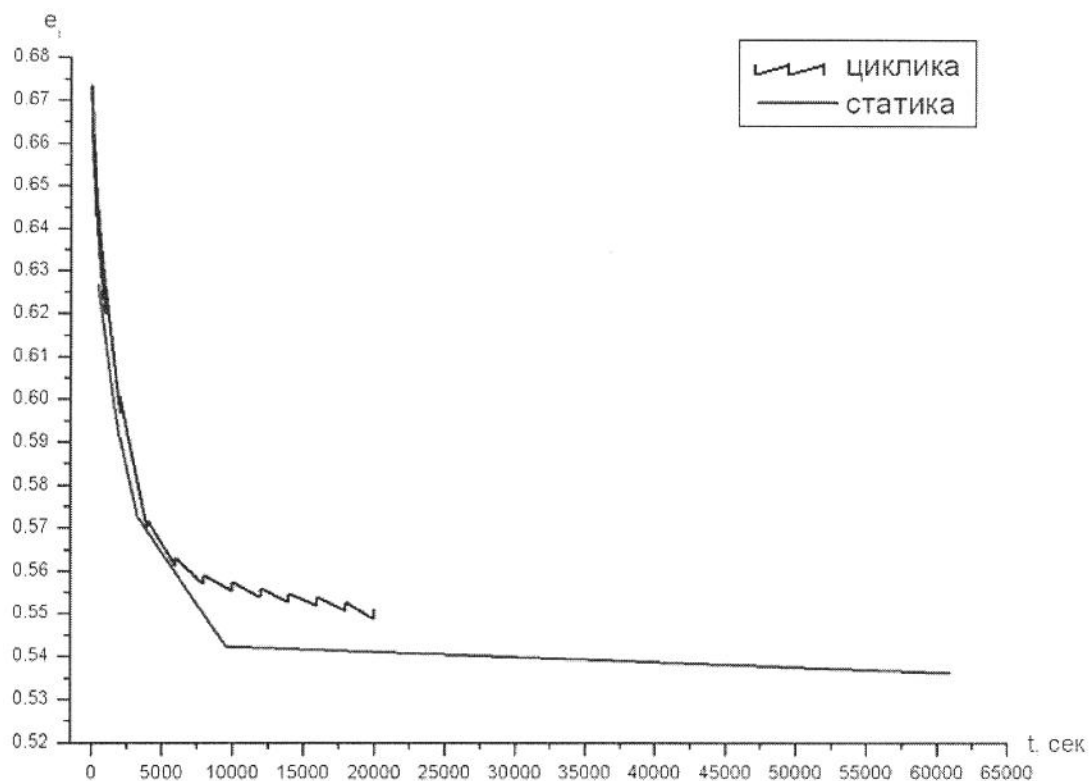


Рис. 3. График изменения коэффициента пористости грунта во времени для образцов с влажностью $W=28\%$ при статическом и циклическом нагружениях

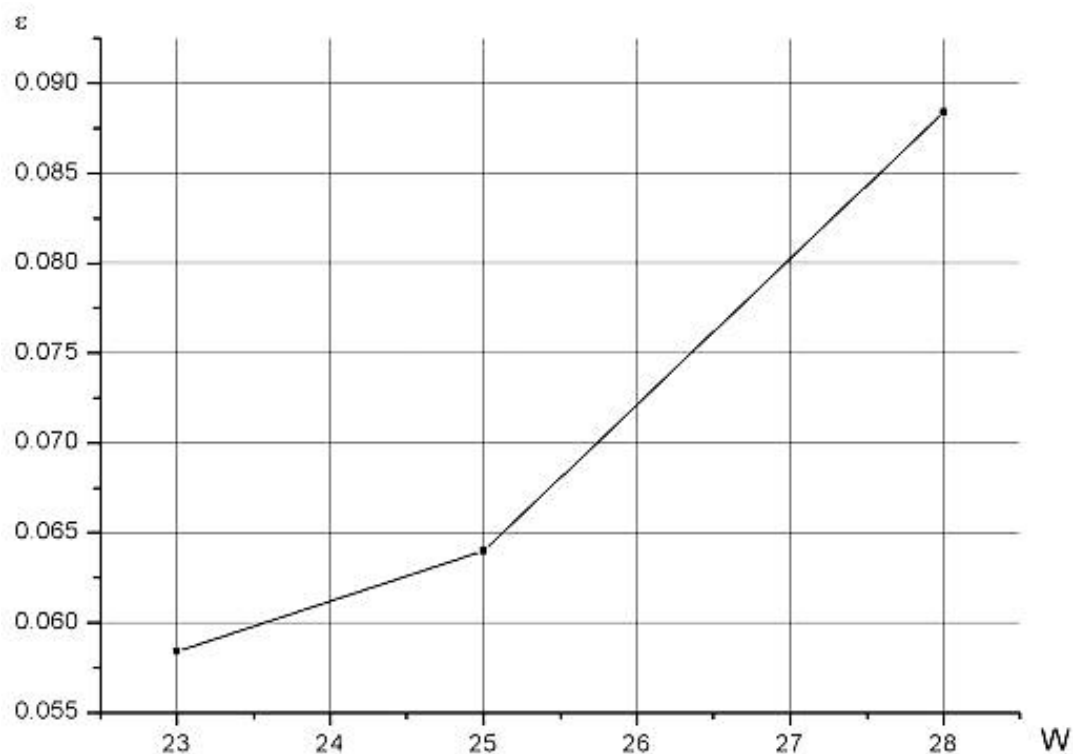


Рис. 4. График зависимости относительной деформации грунта от его влажности при частоте приложения нагрузки $\omega = 0,1$ Гц (после приложения 1000 циклов нагружения)

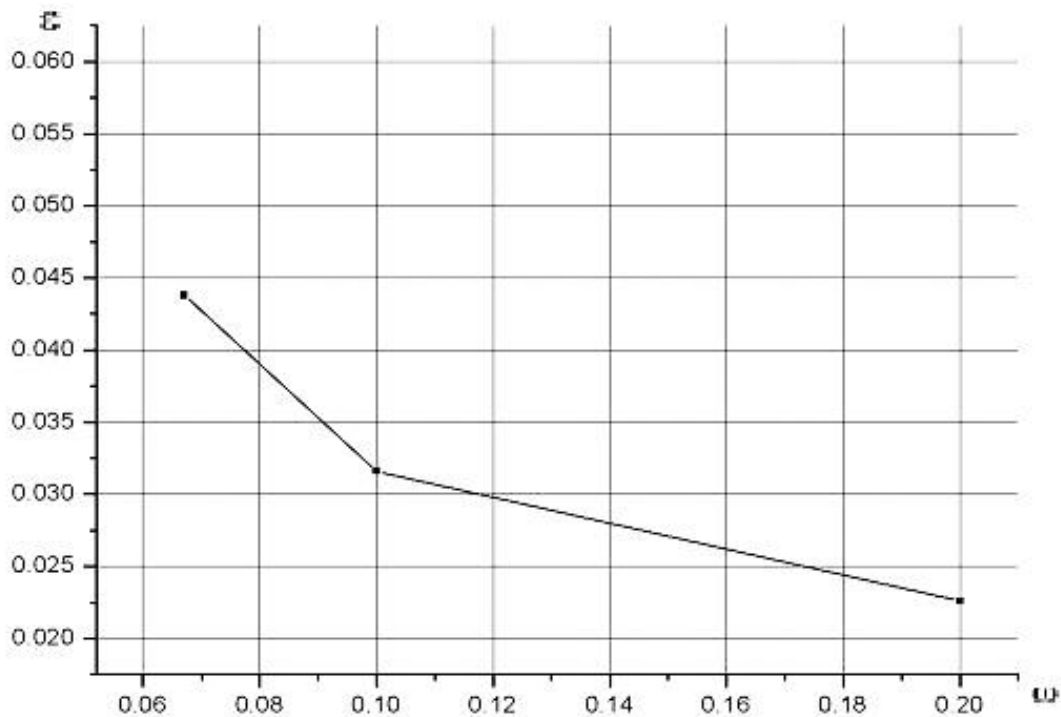


Рис. 5. График зависимости относительной деформации грунта от частоты нагружения при $W=23\%$ (после приложения 1000 циклов нагружения)

Для исследования деформационных свойств глинистых грунтов были использованы грунты нарушенной структуры (перемытые суглинки), т.к. в результате перемывания получается масса, имеющая тот же состав, что и порода, но состоящая из частиц, соединенных в основном силами первичного сцепления, и, следовательно, свободная от последствий влияния диагенетических процессов, проявляющихся в виде упрочнения. Кроме того, опыты с перемытыми грунтами имеют практическое значение для случаев, когда в строительстве используются глинистые грунты с нарушенной природной структурой.

Для испытания было подготовлено 50 образцов глинистого грунта, отличающиеся между собой только влажностью. Все образцы грунтов подвергались испытанию циклической нагрузкой в 1000 циклов. Каждый цикл состоял из процесса нагружения и разгрузки образца кратковременной статической нагрузкой. Длительность цикла характеризовалась частотой приложения нагрузок.

Целью проведения экспериментальных исследований являлась оценка влияния *влажности и частоты приложения циклической нагрузки* на деформативность водонасыщенного глинистого грунта.

Влажность относится к числу факторов, влияние которых на физико-механические свойства грунтов особенно велико. Динамическое уплотнение грунта сопровождается увеличением числа контактов между

минеральными частицами за счет их переукладки и проникания более мелких частиц в промежутки между крупными, при этом наличие воды в порах может играть роль смазки и уменьшить силу трения между твердыми частицами, способствуя тем самым повышению деформативности грунта.

При проведении испытаний были приняты следующие значения варьируемых параметров: влажность грунтов $W = 23, 25$ и 28% , частота приложения циклической нагрузки $0,067, 0,1$ и $0,2$ Гц. Значения влажности грунтов приняты из условия их принадлежности интервалу между влажностью на границе раскатывания и влажностью на границе текучести, а также исходя из того, чтобы коэффициент водонасыщения грунтов составлял не менее $0,95$.

Параллельно с циклическими проводились также и статические испытания грунтов. При этом глинистый грунт подвергался воздействию статической нагрузки не менее 16 часов, до полной стабилизации деформаций.

Для измерения деформаций грунта использовались индикаторы часового типа ИЧ-10 МН, с ценой деления $0,01$ мм. Показания индикаторов снимались как при нагружениях, так и при разгрузках образцов. Некоторые из результатов испытаний изображены на графиках зависимости относительной деформации грунтов и коэффициента пористости от количества циклов нагружения при различных влажностях грунтов и частоте циклов нагружения (рис. 1-3). На графиках



циклы загрузки-разгрузки для наглядности показаны условно.

Таким образом, на основании анализа результатов, полученных при проведении экспериментальных исследований деформативности водонасыщенных глинистых грунтов при циклических нагружениях, можно сделать следующие основные **выводы**:

1. С повышением влажности грунта увеличивается его деформативность, связанная с тем, что у более влажного грунта содержание поровой воды, а, значит, и объем пор больше. Кроме того, увеличивается подвижность частиц грунта по мере утолщения гидратных оболочек. Поэтому при приложении одной и той же нагрузки более влажный грунт проявляет большую деформативность (рис. 4).

2. С увеличением частоты цикла нагружений уменьшается относительная деформация грунта в пределах каждого цикла. Чем больше частота цикла нагружений, тем меньше время воздействия нагрузки на грунт, поэтому поровая вода за столь короткий промежуток времени не успевает вытесниться из пор грунта. Из-за преобладания в грунте нейтральных давлений в условиях малой водопроницаемости

глинистый грунт начинает работать подобно упругому материалу с минимальными неупругими деформациями (рис. 5).

3. Затухание деформаций водонасыщенных глинистых грунтов при статическом нагружении происходит за более короткий промежуток времени, чем при циклических нагружениях, в то время как консолидация грунтов при циклических испытаниях за счет непродолжительного действия каждого цикла нагружения достигается гораздо дольше (рис. 3).

Литература

1. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформативности.
2. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы определения физических характеристик.
3. Вознесенский Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках. – М., 1997.
4. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 263 с.