

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԹԱՍԼԱԳՅԱՆ ԿԱՐԵՆ ԱՆԴՐԵԱՍԻ

ԿԱՎԱՅԻՆ ԳԵՏՆԱՀՈՂԵՐԻ ԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ԱՄՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՐԱՆՑ  
ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ԵՎ ՄԻՆԶՄԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐՈՒՄ

ԻԴ.00.03 - «Ընդհանուր նրկրաբանություն, հիդրոնրկրաբանություն, ճարտարագիտական  
նրկրաբանություն» մասնագիտությամբ նրկրաբանական գիտությունների թեկնածուի  
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2006

---

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ТАСЛАГЯН КАРЕН АНДРЕАСОВИЧ

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ В ИХ ПРЕДЕЛЬНЫХ И  
ДОПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата Геологических наук  
по специальности 24.00.03 – Общая геология, гидрогеология,  
инженерная геология

ЕРЕВАН-2006

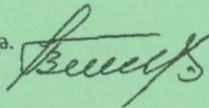
Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ  
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ տնխն.գ.դ., պրոֆեսոր Ս.Ռ.Մնայան  
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տնխն.գ.դ. Ռ.Ա.Աթաբեկյան  
Երկրաբ.-հանր. գ.թ., դոցենտ Ս.Հ.Հայրոյան  
Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Ճարտարապետության և շինարարության  
պնտական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2006 թ հունիսի 13-ին, ժամը 14<sup>00</sup>-ին,  
ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի 054  
Մասնագիտական խորհրդի նիստում:  
Հասցեն՝ ք. Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող., 24ա,

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ  
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի գրադարանում:

Մեղմագիրն առաքվել է 2006թ. մայիսի 11-ին:

054 Մասնագիտական խորհրդի  
գիտական քարտուղար, Երկրաբ.-հանր.գ.թ.  Ն.Վ.Ծախիյան

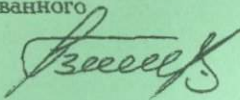
Тема диссертации утверждена в  
Институте геологических наук НАН РА

Научный руководитель: д.т.н., профессор С.Р.Месчян  
Официальные оппоненты: д.т.н. Р.А.Атабекия  
канд.геол.-мин.н., доцент С.Г.Айроян  
Ведущая организация: Ереванский Государственный университет  
архитектуры и строительства

Защита состоится 13-го июня 2006г., в 14<sup>00</sup> часов, на заседании  
Специализированного совета 054 Института геологических наук НАН РА.  
Адрес: др. Маршала Баграмяна, 24а., 375019, г. Ереван, Армения.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологических  
наук НАН Армении.

Автореферат разослан 11-го мая 2006 г.

Ученый секретарь Специализированного  
совета 054, канд.геол.-мин.н.  Г.В.Шагинян

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из важнейших проблем Инженерной геологии является вопрос устойчивости природных склонов и откосов сооружений из грунтовых материалов. Результатом потери устойчивости последних является образование оползней и обвалов, часто приводящих к большому материальному ущербу и многочисленным человеческим жертвам. Наиболее широкое распространение оползней имеет место в горноскладчатых областях, в частности Армении. Следует отметить, что оползни происходят исключительно в местах сложенных глинистыми грунтами в виде сплошного массива, слоев и прослоев или заполнения трещин полускальных и скальных горных пород этими грунтами. Поэтому, при оценке устойчивости оползневого массива важной задачей является определение прочностных показателей, слагающих данные оползневые массивы, глинистых грунтов.

Природа нарушения устойчивости природных склонов и откосов исключительно сложна. При всех других равных условиях, она обусловлена множеством внешних природных и искусственных факторов, которые могут стать причиной ухудшения инженерно-геологических свойств глинистых грунтов вообще, снижения прочности глинистых грунтов в частности. К ряду отмеченных факторов относятся выветривание, выщелачивание солей, увлажнение дождевыми водами и водами из различных источников, температурные, динамические (вибрационные, сейсмические) воздействия, подрезка склонов, возведение на них различных сооружений и т.д..

Особый интерес представляет собой вопрос устойчивости природных склонов и откосов сооружений из глинистых грунтов при наличии динамических воздействий. Последние, в зависимости от величины ускорения колебаний, могут стать причиной снижения прочности глинистых грунтов слагающих оползневые и оползнеопасные склоны, приводя к потери их устойчивости. Из этого следует необходимость оценки прочности грунтов, слагающих оползневые и оползнеопасные склоны как при отсутствии, так и при наличие динамических (вибрационных) воздействий. Исследованиями прочности, в основном песчаных грунтов при вибрационных воздействиях занимались Д.Д.Баркан, Н.Н.Маслов, Ф.Е.Ричарт, И.С.Савченко, О.А.Савинов, В.П.Сипидин, С.Р.Месчан, Р.Г.Бадалян, В.Н.Кутергин и другие. Вместе с тем, следует отметить, что многие вопросы вибропрочности глинистых грунтов, в частности вопросы динамических (вибрационных) воздействий на их остаточную прочность и поведение в допредельных состояниях не исследованы вообще. Из сказанного следует, что исследование вибропрочности вообще, виброостаточной прочности глинистых грунтов в особенности является назревшей актуальной задачей Инженерной геологии.

### Цель диссертации:

- разработка методов лабораторного исследования динамической (вибрационной) прочности глинистых грунтов,
- изучение влияния вибрационных воздействий на остаточную прочность глинистых грунтов и на их поведение в допредельных состояниях,
- анализ влияния виброостаточной прочности на устойчивость природных склонов на примере Нубарашенского оползневого участка.

#### Научная новизна работы:

- разработан новый метод лабораторного исследования поведения остаточного сопротивления сдвигу глинистых грунтов под воздействием вибрации.

- разработан новый метод лабораторного исследования поведения прочности глинистых грунтов, находящихся в допредельных состояниях под воздействием вибрации.

- разработано устройство для создания вынужденных крутильных колебаний в течение достаточно длительного времени при широком диапазоне изменения их ускорений за счет изменения частоты и амплитуды крутильных колебаний, с целью испытания образцов глинистых грунтов при наличии вибрационного воздействия.

- разработано устройство для испытания образцов грунтов на простой сдвиг, методом кручения образцов, позволяющее осуществить их испытания в кинематическом режиме как в инженерно-геологических лабораториях, так и в полевых условиях.

- анализ расчетов устойчивости склона с использованием данных виброостаточной прочности грунта и остаточной прочности грунта с учетом динамического воздействия.

Практическое значение исследований состоит в разработке методов и аппаратуры, для лабораторного определения остаточной и виброостаточной прочностей (сопротивления сдвигу) глинистых грунтов в кинематическом режиме и поведения их прочности в допредельных состояниях, под влиянием вибрационных воздействий.

Применение полученных результатов позволяет решить одну из важнейших проблем инженерной геологии – расчет устойчивости природных склонов и откосов сооружений из глинистых грунтов (находящихся в предельных и допредельных состояниях) при наличии динамических (вибрационных) воздействий.

#### Основные защищаемые положения работы:

- Приемлемость метода определения сопротивления сдвигу грунтов при динамическом (вибрационном) воздействии в кинематическом режиме.

- Приемлемость метода определения поведения сопротивления сдвигу грунтов в допредельных состояниях при динамическом (вибрационном) воздействии в режиме контроля деформаций.

- Закономерность воздействия вибрации на остаточную прочность глинистых грунтов в режиме контроля касательных напряжений.

- Закономерность поведения прочности глинистого грунта в допредельных состояниях при вибрационном воздействии в режиме контроля деформаций сдвига.

- Приемлемость применения данных виброостаточной прочности грунта при расчетах устойчивости природных склонов и откосов сооружений из глинистых грунтов на примере расчета устойчивости склона Нубарашенского оползневого участка.

Работа выполнена в Институте геологических наук НАН РА, а экспериментальные исследования – в геотехнической лаборатории Института механики НАН РА.

Диссертация состоит из введения, трех глав, основных выводов и литературы (105 наименований), содержит 115 стр., 35 рисунков и 12 таблиц.

Результаты выполненных исследований изложены в четырех статьях.

Автор считает своим долгом выразить безграничную благодарность и особую признательность своему научному руководителю и наставнику доктору технических наук, профессору Степану Рубеновичу Месчану за постоянное внимание, помощь и содействие в работе. Автор глубоко благодарен фирме GEORISK в лице ее директора, доктора геологических наук А.С.Караханяна за предоставление данных по Нубарашенскому оползнию, а также доктору технических наук С.Ш.Нуридджаняну и инженеру Г.С.Адамяну за содействие в расчетах устойчивости склона Нубарашенского оползния.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении изложены актуальность задач, рассматриваемых в диссертации, цель, научная новизна, практическое значение выполненной работы.

В первой главе Приводятся общие понятия о глинистых грунтах как рыхлых горных породах, являющимися продуктом выветривания каменной оболочки Земли (литосферы). Рассматриваются их физико-механические свойства, минеральный состав, прочностные и деформационные свойства, генетические разновидности, свойства связанные с взаимодействием с водой, водопроницаемость (фильтрация). Приводится классификация глинистых грунтов, основанная на количественном содержании фракции глинистых частиц. Описываются теория коллоидной связности и разновидности воды в глинистых грунтах. Даются понятия о газе (воздухе), занимающем часть объема пор трехфазных глинистых грунтов. Описывается процесс формирования последних на стадиях диагенеза и катагенеза.

Подтверждается важность работ по определению механических свойств грунтов при динамических воздействиях. Приводится краткий обзор работ по исследованию воздействия динамических (вибрационных, сейсмических и импульсных) нагрузок на сопротивление сдвигу песчаных и глинистых грунтов. Рассматриваются вопросы сдвиговых и компрессионных деформационных свойств грунтов при динамических воздействиях. Рассматриваются вопросы динамических свойств грунтов, которые нуждаются в экспериментальных исследованиях.

Дается понятие простого сдвига как наиболее простого вида деформации формоизменения грунтовой толщи под действием касательных напряжений, который имеет широкое распространение в природных условиях. Рассматривается сопротивление сдвигу, как основной прочностной показатель грунтов при расчете устойчивости природных склонов и откосов сооружений из грунтовых материалов. Приводятся выражения для определения сопротивления сдвигу и его параметры. Описываются методы испытания образцов грунтов в режимах контроля деформаций сдвига и касательных напряжений. Даются понятия о пиковой и остаточной прочностях (сопротивлений сдвигу). Рассматриваются вопросы методики испытания образцов грунтов нарушенного и ненарушенного (естественного) сложения и определения параметров их прочности.

Во второй главе рассматриваются методы определения остаточной и виброостаточной прочностей глинистых грунтов в кинематическом режиме, а также определение поведения сопротивления сдвигу грунтов в допредельных состояниях при динамическом (вибрационном) воздействии в режиме контроля деформации сдвига (кручения). Рассматриваются приборы для лабораторного определения прочностных показателей глинистых грунтов. Приводятся описания и преимущества новых, разработанных нами, устройства кручения сплошных цилиндрических образцов в кинематическом режиме М-12 и кривошипно-шатунного вибратора, создающего вынужденные крутильные колебания, как составной части компоновки последнего с устройствами кручения М-5, М-11 и М-12, предназначенного для определения вибропрочностных показателей глинистых грунтов.

Определение сопротивления грунтов сдвигу при статическом и динамическом (вибрационном) воздействии осуществляются испытанием образцов грунта на прочность методом закручивания образцов диаметром  $d=101$  мм, высотой  $h=24$  мм на устройстве М-11 или М-12 в кинематическом режиме — в режиме контроля крутящих моментов  $M_{\text{кр}}$  (касательных напряжений  $\tau$ ).

Образцы-близнецы грунта перед испытанием на прочность подвергаются предварительному уплотнению под действием нормальных напряжений  $\sigma_z$ . Затем испытание каждого из образцов под действием отмеченных выше нормальных напряжений  $\sigma_z$  осуществляется закручиванием с различной скоростью. В начале определяется остаточная прочность образца  $\tau_r$ , а после стабилизации крутящего момента (касательного напряжения), без прекращения закручивания он подвергается воздействию крутильных колебаний, создаваемых кривошипно-шатунным вибратором. Ускорения крутильных колебаний регулируются изменением частоты вращения электродвигателя, с помощью регулировочной гайки, сжимающей или расжимающей пружину кривошипно-шатунного механизма, а также изменением расстояния пальца от центра кривошипа.

Во время эксперимента фиксируются крутящие моменты как при отсутствии вибрационного воздействия, так и после прекращения его воздействия. При вибрации замеряются амплитуды крутильных колебаний на наружных гранях образцов виброизмерительным прибором ВИП-2.

В результате отмеченного эксперимента определяются значения остаточной  $\tau_r$  и виброостаточной  $\tau_{r,\text{виб}}$  прочностей грунта под действием данного нормального напряжения  $\sigma$  при различных значениях относительного ускорения крутильных колебаний  $J_0 = J_g/g$  ( $g$  - ускорение силы тяжести). Имея данные  $\tau_r$  и  $\tau_{r,\text{виб}}$ , вычисляются показатели остаточной ( $c_r, \text{tg}\varphi_r, \varphi_r$ ) и виброостаточной ( $c_{r,d}, \text{tg}\varphi_{r,d}, \varphi_{r,d}$ ) прочностей.

С целью выявления поведения сопротивления сдвигу глинистых грунтов в их допредельных состояниях испытываются на кручение образцы диаметром 101 мм, высотой 24 мм на устройствах М-5 в режиме контроля деформации сдвига (кручения) под действием различных нормальных напряжений  $\sigma_z$ . Парным испытанием образцов определяются сопротивления сдвигу  $\tau_{1,ст}$  по стандарту Армении (АСТ 178-99). Остальные образцы подвергаются кручению под действием  $\tau = A\tau_{1,ст}$ , где  $A < 1$ . После условной стабилизации деформаций сдвига (кручения) образцы грунта подвергаются вибрационному воздействию под действием гармонических крутильных колебаний, кривошипно-шатунным вибратором. Деформации сдвига (кручения) измеряются прогибомером 6ПАО-

ЛИСИ, амплитуды крутильных колебаний - виброизмерительным прибором ВИП-2, показания которых вместе фиксируются видеокамерой.

В результате обработки зафиксированных видеокамерой данных строятся графики зависимости деформации сдвига (кручения) - время, а также графики зависимости ускорения или амплитуды крутильных колебаний от времени. По вышеуказанным графикам можно установить: при каких допредельных уровнях касательного напряжения ускорения крутильных колебаний приводят к потере прочности грунта. Данные эксперименты позволяют также установить, при каких значениях ускорения крутильных колебаний грунт теряет свою прочность при определенном значении касательного напряжения.

Рассматриваются приборы для лабораторного определения прочностных показателей глинистых грунтов, отмечаются их преимущества и недостатки. Описываются устройства одномерного сжатия и кручения сплошных цилиндрических образцов, как наиболее приемлемые для осуществления испытаний определения прочностных показателей глинистых грунтов вообще, вибропрочностных показателей - в частности. Приводятся описания и преимущества новых, разработанных нами, устройства кручения сплошных цилиндрических образцов в кинематическом режиме М-12 и кривошипно-шатунного вибратора, создающего вынужденные крутильные колебания, как составной части компоновки последнего с устройствами кручения М-5, М-11 и М-12, предназначенного для определения вибропрочностных показателей глинистых грунтов.

Рассматривая устройства для определения реологических свойств грунтов методом кручения образцов в кинематическом режиме, следует отметить, что эксплуатация устройства М-11 показала свою предельно простую работу и большую надежность получаемых результатов. Оно обладает очень большими возможностями, в частности, учета влияния на реологические свойства грунтов самых различных факторов. Вместе с тем следует отметить ограниченность его применения из-за отсутствия во многих геотехнических лабораториях разрывных машин. Поэтому и возникла идея создания нового устройства, позволяющего освободиться от необходимости разрывной машины.

С изложенной выше целью на базе устройства М-5 нами создано устройство М-12 (рис. 2.2.1), которое отличается от него методом создания крутящего момента и кинематическим режимом испытания образцов на прочность, осуществляемым их кручением.

В устройстве М-12 крутящий момент создается закручиванием диска (7) парой тяг (8), помещенных и закрепленных в его двух канавках. Тяги перекинуты через ролики (9) кронштейнов (11) и закреплены на балочке (12) механизма кручения, на котором подвешен грузовой поддон (на рис. 2.2.1 не показан). Усилия в тягах (8) создается массой гирь, уложенных на грузовой поддоне.

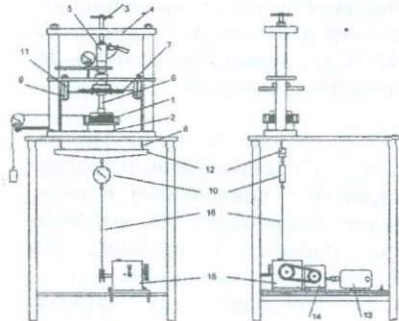


Рис. 2.2.1. Устройство М-12.

В устройстве М-12 усилия в тросах (8) создаются тяговым агрегатом (рис. 2.2.1), помещенным под столиком устройства. Агрегат состоит из электродвигателя (13) спаренного с первым редуктором (14) с редукцией 1:16 и второго редуктора (15) с редукцией 1:340, соединенного с первым редуктором ременной передачей. Намотка на маховике второго редуктора (15) гибкой тяги (16) через динамометр (10) подвешивается на балочке (12) механизма кручения.

Скорость испытания образца грунта на кручение регулируется скоростью намотки на маховик редуктора (15) гибкой тяги (16) специальным пультом управления. Тарировки устройств М-11 и М-12 осуществляются точно так, как тарировка устройств М-5.

Зная величины крутящих моментов  $M_{\text{тор}}$ , соответствующие пиковой и остаточной деформациям сдвига (закручивания) образца с учетом тарировочных поправок, пиковую  $\tau_p$  и остаточную  $\tau_r$  прочности грунта определяют по следующему выражению  $\tau(\tau_p, \tau_r) = \frac{3M_{\text{тор}}}{2\pi r^3}$  где  $r$ -радиус образца.

Проверка применимости устройства М-12 показала, что оно может быть успешно использовано для определения прочностных и деформационных свойств грунтов (глинистых и песчаных) не только в лабораторных, но и в полевых условиях.

В Республике Армения получили широкое распространение приборы испытания образцов по выше указанному методу М-5 и его аналоги М-11 и М-12. С целью испытания глинистых образцов на приборе М-5 в динамическом режиме С.Р.Месчяном и Р.Г.Бадаляном разработаны два вибратора, создающие вынужденные крутильные колебания.

Преимуществом первого (электромагнитного) вибратора является создание высоких значений ускорения крутильных колебаний, а недостатком — кратковременность его работы в связи с быстрым нагреванием электромагнитов. Второй же вибратор, колебания в котором создаются двумя дебалансами, вращающихся в разные стороны с помощью миниатюрного электродвигателя, может работать на протяжении достаточно длительного времени. Его недостатком является создание небольших ускорений — до 0.01 g.

Выше упомянутые недостатки стали причиной разработки нового, лишенного данных недостатков вибратора. Нами разработан вибратор, позволяющий получать довольно высокие значения ускорения крутильных колебаний (до 1 g) и эксплуатировать его на протяжении достаточно длительного времени. В этом вибраторе крутильные колебания создаются кривошипно-шатунным механизмом, приводимым в действие электродвигателем. На рис. 2.2.2 показан вибратор, а на рис. 2.2.3 — устройство М-12 для испытания грунтов на кручение, на верхнем штампе механизма кручения которого установлен кривошипно-шатунный вибратор.

Кривошипно-шатунный вибратор (рис. 2.2.2) состоит из рамы (1), на наружной стороне которой закреплен электродвигатель (2), вал которого проходя через вставленный в раме шарикоподшипник соединен с кривошипом в виде диска (3). Шарикоподшипник закрепленный на одном конце шатуна (5) посажен на палец (4) кривошипа (3), а другой конец опирается в пружину (6) регулировочной гайкой (7). Рама кривошипно-шатунного механизма (1) с помощью держателя (8) соединена с крышкой-переходником (9), которая закрепляется на верхнем перфорированом штампе механизма кручения приборов М-5, М-11 или М-12 тремя винтами (10).

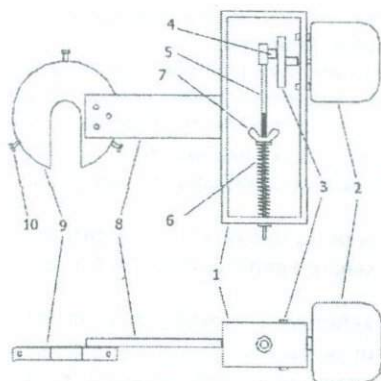


Рис. 2.2.2. Кривошипно-шатунный вибратор.

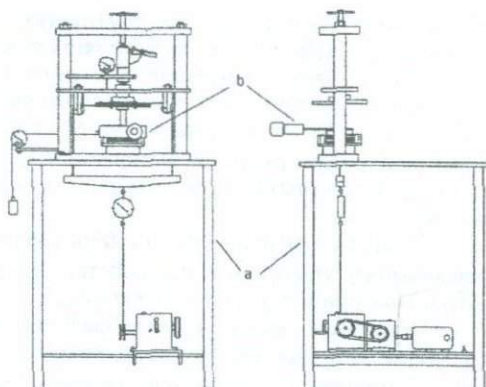


Рис. 2.2.3. Устройство М-12 (а) с установленным на нем кривошипно-шатунным вибратором (б).

Ускорения крутильных колебаний регулируются с помощью изменения частоты и амплитуды крутильных колебаний. Частота крутильных колебаний регулируется с помощью пульта, соединенного с блоком питания 12 вольт постоянного тока. Амплитуда крутильных колебаний регулируется с помощью регулировочной гайки (7), сжимающей или расжимающей пружину (6), а также с помощью изменения расстояния пальца от центра кривошипа.

С целью испытания кривошипно-шатунного вибратора, испытаны образцы 6 грунтов, отобранных из скважины, пробуренной в ядре плотины Мармарикского водохранилища. Результаты испытаний показали надежность и легкость применения кривошипно-шатунного вибратора.

В третьей главе рассмотрены результаты экспериментального исследования воздействия вибрационных воздействий на остаточную прочность трех различных глинистых грунтов, определяемой испытанием образцов на кручение в кинематическом режиме — в режиме контроля крутящих моментов (касательных напряжений). Рассмотрены также результаты исследований вибрационных воздействий различной интенсивности на поведение прочности глинистого грунта, находящегося на различных уровнях допредельного состояния под действием касательных напряжений, не превышающих их стандартную прочность, определяемой испытанием образцов в режиме контроля деформаций сдвига. Рассмотрен сопоставительный расчет устойчивости склона Нубарашенского оползня по данным остаточной прочности грунта с учетом и без учета динамического воздействия, а также по данным его виброостаточной прочности.

Прочностные свойства глинистых грунтов при динамических воздействиях вообще, при вибрационных воздействиях в частности, в отличие от песчаных, как было отмечено выше, исследованы очень слабо, несмотря на их большое теоретическое и практическое значение. В этом плане представляет особый интерес не только вопрос изменяемости прочностных свойств глинистых грунтов под действием вибрационных воздействий, но и их послевибрационное поведение. Чтобы ответить на этот вопрос нами исследовано влияние

вибрационного воздействия на остаточную прочность  $\tau_r$  указанных грунтов, причем при трехкратном повторении вибрационного воздействия.

Осуществлено испытание трех различных глинистых грунтов – глины и двух суглинков на прочность методом закручивания образцов диаметром  $d=101$  мм, высотой  $h=24$  мм на устройстве М-11 [57] в кинематическом режиме – в режиме контроля крутящих моментов  $M_{\text{тор}}$  (касательных напряжений  $\tau$ ). Из каждого грунта испытаны на прочность шесть образцов-близнецов нарушенного сложения.

Образцы-близнецы грунтов перед испытанием на прочность подвергнуты двухнедельному уплотнению под действием нормальных напряжений  $\sigma_z=0.1; 0.2$  и  $0.3$  МПа. Повторность опытов двухкратная.

Испытание каждого из образцов под действием отмеченных выше нормальных напряжений  $\sigma_z$  осуществлялось закручиванием со скоростью 4.4 градуса в минуту. В начале определялась остаточная прочность образца  $\tau_r$ , а после стабилизации крутящего момента (касательного напряжения), без прекращения закручивания он подвергался воздействию крутильных колебаний, создаваемых кривошипно-шатунным вибратором при вращении электродвигателя со скоростью 1750 оборотов в минуту.

Как было отмечено выше, образцы грунтов подвергались трехкратному вибрационному испытанию. Вибрационные воздействия на образцы чередовались минутным отдыхом, опять без прекращения процесса их закручивания. При этом фиксировались крутящие моменты как при отсутствии вибрационного воздействия, так и в процессе его воздействия. При вибрации замерялись также амплитуды крутильных колебаний на наружных гранях образцов виброизмерительным прибором ВИП-2.

Остаточные прочности образцов грунтов, зафиксированные в трех циклах воздействия крутильных колебаний, после определения остаточной прочности  $\tau_r$  в кинематическом режиме, обозначена  $\tau_{r,vib1}$ ;  $\tau_{r,vib2}$  и  $\tau_{r,vib3}$ . Остаточные прочности образцов зафиксированные между циклами вибрационного воздействия (при прекращении вибрационного воздействия) обозначены  $\tau_{r1}$ ;  $\tau_{r2}$  и  $\tau_{r3}$ . Результаты испытания образцов грунтов приведены в табл. 3.2.1.

Таблица 3.2.1.

	$\sigma_z$ , МПа	$\tau_{r0}$ , МПа	$\tau_{r,vib1}$ , МПа	$\tau_{r1}$ , МПа	$\tau_{r,vib2}$ , МПа	$\tau_{r2}$ , МПа	$\tau_{r,vib3}$ , МПа	$\tau_{r3}$ , МПа
Глина	0,1	0,04188	0,02223	0,04198	0,02741	0,04355	0,02810	0,04675
	0,2	0,08220	0,04907	0,08654	0,05428	0,08977	0,05552	0,09064
	0,3	0,12436	0,10431	0,12421	0,10924	0,12496	0,11227	0,12758
Сугли- нок 1	0,1	0,08130	0,03360	0,08523	0,03360	0,08653	0,03567	0,08585
	0,2	0,11645	0,07598	0,11232	0,07115	0,11348	0,06852	0,11348
	0,3	0,15999	0,12874	0,16105	0,12811	0,16740	0,13888	0,16898
Сугли- нок 2	0,1	0,06996	0,02469	0,07463	0,02264	0,07263	0,02196	0,07129
	0,2	0,13722	0,09991	0,13778	0,10741	0,13999	0,10741	0,14108
	0,3	0,18056	0,14766	0,18003	0,14927	0,17740	0,14983	0,17950

Данные об относительных ускорениях крутильных колебаний  $J_0 = J_a/g$  ( $g$  - ускорение силы тяжести), под действием которых осуществлены три цикла испытаний образцов грунтов, приведены в табл. 3.2.2, а данные показателей остаточной прочности образцов грунтов ( $C, \varphi, \text{tg}\varphi$ ) - в табл. 3.2.3.

Таблица 3.2.2.

	$\sigma_z$ , МПа	$J_{0,1}$	$J_{0,2}$	$J_{0,3}$
Глина	0,1	0,3972	0,4404	0,4317
	0,2	0,2590	0,2504	0,2418
	0,3	0,1813	0,1554	0,1727
Сугли- нок 1	0,1	0,4145	0,3713	0,3972
	0,2	0,2072	0,2331	0,2677
	0,3	0,1425	0,1641	0,1382
Сугли- нок 2	0,1	0,3885	0,4058	0,4058
	0,2	0,2245	0,1899	0,2072
	0,3	0,1209	0,1079	0,1209

Таблица 3.2.3.

		$\tau_{r0}$	$\tau_{r1}$	$\tau_{r2}$	$\tau_{r3}$
Глина	$\text{tg}\varphi$	0,4124	0,4112	0,4071	0,4042
	$\varphi$	22,413	22,351	22,149	22,006
	$C$ , МПа	0,0003	0,0020	0,0047	0,0075
Сугли- нок 1	$\text{tg}\varphi$	0,3935	0,3791	0,4044	0,4156
	$\varphi$	21,478	20,762	22,017	22,569
	$C$ , МПа	0,0406	0,0437	0,0416	0,0396
Сугли- нок 2	$\text{tg}\varphi$	0,5530	0,5270	0,5239	0,5411
	$\varphi$	28,943	27,790	27,648	28,417
	$C$ , МПа	0,0186	0,0254	0,0252	0,0224

Анализ данных экспериментальных исследований остаточной прочности  $\tau_r$  трех различных глинистых грунтов, осуществленных испытанием образцов в кинематическом режиме с воздействием крутильных колебаний показывает, что при всех других равных условиях, показатели прочности существенно зависят как от величины уплотняющего нормального напряжения  $\sigma_z$ , физических свойств, так и гранулометрического состава материала исследования. При приложении к образцам грунтов крутильных колебаний с одинаковой частотой, по мере возрастания величины нормального напряжения  $\sigma_z$  имеет место уменьшение как амплитуды, так и ускорений крутильных колебаний. При этом, если при возрастании нормального напряжения  $\sigma_z$  от 0.1 до 0.2 МПа ускорение крутильных колебаний глины, при первом цикле вибрирования снизилось примерно в два раза, то суглинков - в три раза (табл. 3.2.2).

Опыты показали, что во всех трех циклах испытаний образцов на вибрационное воздействие, виброостаточная прочность грунтов  $\tau_{r, \text{вib}}$  практически оставалась неизменной - она изменялась в ту или иную сторону в пределах 5%. Аналогичное явление наблюдалось и в поведении послевибрационных остаточных прочностей грунтов, определенных как до испытания на вибропрочность, так и в промежутках между вибрационными воздействиями. В этом случае имело место некоторое, несущественное возрастание прочности образцов (табл. 3.2.1). При этом изменяемость остаточной прочности грунтов как при приложении вибрационных воздействий, так и при их прекращении, независимо от длительности вибрации, протекала исключительно быстро. После прекращения вибрационных воздействий остаточная прочность образцов практически восстанавливалась полностью (табл. 3.2.3).

Опыты показали также, что изменяемость остаточной прочности грунтов при всех других равных условиях, зависит от вида грунта. Например, при равных значениях ускорений крутильных колебаний  $J_a = 0.4g$  и  $\sigma_z = 0.1$  МПа (рис. 3.2.1,

3.2.2) остаточная прочность глины снизилась примерно в два раза, а суглинков примерно в три раза. Это значит, что по мере уменьшения глинистости грунта – при переходе от глины к суглинкам влияние вибрационного воздействия значительно возрастает.

Привлекают внимание результаты виброостаточной прочности грунтов, определенные под действием небольших нормальных напряжений, например при  $\sigma_z=0.1$  МПа. Судя по диаграммам сопротивления сдвигу суглинков при  $\sigma_z=0.05$  МПа, вибрационные воздействия при  $J_a=0.4g$  должны привести к полной потере прочности этих грунтов вследствие их расжижения. Это только предположение, которое нуждается в подтверждении.

Рассматривается поведение сдвиговой прочности глинистого грунта, находящегося в допредельных состояниях, при вибрационных воздействиях.

В природных условиях глинистые грунты, слагающие природные склоны и откосы сооружений из грунтовых материалов, находятся в допредельном состоянии. Это значит, что действующие в них касательные напряжения существенно ниже их предела длительной прочности, равной стандартному или остаточному сопротивлению сдвига, определяемого по методам затухающих деформаций сдвига – в режиме контроля деформаций сдвига или в кинематическом режиме по АСТ 178-99. В этом плане представляет большой научный и практический интерес их деформационное поведение под действием динамических воздействий вообще, вибрационных воздействий в частности.

Для исследования влияния вибрационных воздействий на деформации сдвига и прочность глинистого грунта нарушенного сложения, находящегося в допредельном состоянии, вначале определены показатели физических свойств, предельные крутящие моменты  $M_{tor,lim}$  и стандартные сопротивления сдвигу  $\tau_{f,st}$ , полученные испытанием образцов на кручение на устройствах М-5, под действием трех различных значений нормального напряжения  $\sigma_z=0,1; 0,2$  и  $0,3$  МПа по ГОСТу Республики Армения: АСТ 178-99 (табл. 3.3.1).

Испытаны образцы диаметром 101 мм, высотой 24 мм, подвергнутые уплотнению в течение 21 дней.

Таблица 3.3.1. Показатели физических свойств, предельные крутящие моменты  $M_{tor,lim}$  и стандартные сопротивления сдвигу  $\tau_{f,st}$  глинистого грунта.

$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$W_L$	$W_p$	$I_p$	tgφ	φ°	$c$ , МПа	$\sigma_z$ , МПа	$\rho_0$ , г/см <sup>3</sup>	$W_0$	$M_{tor,lim}$	$\tau_{f,st}$ , МПа
2,70	0,603	0,260	0,343	0,547	28,67	0,022	0,1	1,865	0,374	0,077	0,0768
							0,2	1,900	0,338	0,136	0,1317
							0,3	1,911	0,323	0,186	0,0863

Для решения поставленной задачи под действием каждого из указанных выше нормальных напряжений  $\sigma_z$  образцы подвергались предварительному закручиванию по АСТ 178-99 до некоторого минимального допредельного значения уровня крутящего момента  $M_{tor,min}/M_{tor,lim}$ , где  $M_{tor,min}$  – минимальный,  $M_{tor,lim}$  – предельный крутящие моменты. После стабилизации деформации сдвига под действием  $M_{tor,min}$  образцы подвергались вибрационному воздействию с постоянной частотой колебаний. После завершения первого цикла вибрационного испытания, образцы подвергались еще одному или двум циклам

повторного испытания на вибрационное воздействие. При первом повторном цикле испытания минимальный крутящий момент  $M_{\text{tor, min}}$  увеличивался примерно на 20%. После стабилизации деформаций сдвига, как и при первом цикле испытания, образцы подвергались вибрационному воздействию при той же частоте колебаний. То же самое повторялось при втором повторном цикле испытания образцов, находящихся в допредельном состоянии.

Испытаны три серии образцов-близнецов по изложенной выше методике под действием нормальных напряжений  $\sigma_z = 0,1; 0,2$  и  $0,3$  МПа, при трех различных значениях постоянной частоты колебаний. Вибрационные колебания создавались кривошипно-шатунным миниатюрным вибратором, установленным и закрепленном на верхнем штампе-фильтре рабочего органа прибора М-5 (рис. 3.3.1). При вибрационных воздействиях замерялись как деформации сдвига с помощью прогибомера системы 6ПАО-ЛИСИ, так и амплитуды колебаний виброизмерительным прибором ВИП-2 на наружных гранях закручиваемых образцов, которые одновременно фиксировались цифровой видеокамерой, соединенной с компьютером.

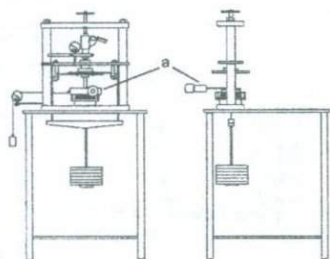


Рис. 3.3.1. Устройство М-5 с установленным на нем кривошипно-шатунным вибратором (а)

Порядок испытания образцов грунта на вибрационное воздействие под действием различных нормальных напряжений и частот угловых крутильных колебаний приведен в табл. 3.3.2. В этой таблице приведены как предельные  $M_{\text{tor, lim}}$  допредельные  $M_{\text{tor}}$  значения крутящих моментов, так и уровни допредельных крутящих моментов  $M_{\text{tor}}/M_{\text{tor, lim}}$ .

Таблица 3.3.2.

$\sigma_z = 0,1$ МПа			$\sigma_z = 0,2$ МПа			$\sigma_z = 0,3$ МПа		
$M_{\text{tor, lim}}$ Нм	$M_{\text{tor}}$ Нм	$M_{\text{tor}}/M_{\text{tor, lim}}$	$M_{\text{tor, lim}}$ Нм	$M_{\text{tor}}$ Нм	$M_{\text{tor}}/M_{\text{tor, lim}}$	$M_{\text{tor, lim}}$ Нм	$M_{\text{tor}}$ Нм	$M_{\text{tor}}/M_{\text{tor, lim}}$
Угловая частота колебаний $\omega_0 = 172$ Гц								
20,5	14,35 18,45	0,7 (0,9)	35,4	24,78 31,86	0,7 (0,9)	- -	- -	- -
Угловая частота колебаний $\omega_0 = 184$ Гц								
20,5	10,25 14,35 18,45	0,5 (0,7) (0,9)	35,4	- 24,78 31,86	- 0,7 (0,9)	50,2	- 35,14 45,18	- 0,7 (0,9)
Угловая частота колебаний $\omega_0 = 202$ Гц								
20,5	10,25 14,35 -	0,5 (0,7) -	35,4	17,7 (24,78) (31,86)	0,5 (0,7) (0,9)	50,2	25,10 (35,14) (45,18)	0,5 (0,7) (0,9)

Как видно из табл. 3.3.2, при  $\omega_0=172$  Гц подвергнуты испытанию на вибрационное воздействие образцы грунта только при двух значениях уплотняющего напряжения  $\sigma_z=0,1$  и  $0,2$  МПа и допредельного уровня крутящего момента –  $0,7$  и  $0,9$ . При  $\omega_0=184$  Гц образцы испытаны под действием трех различных значений уплотняющего напряжения, причем кроме  $\sigma_z=0,1$  МПа, на вибрационное воздействие они испытаны при двух значениях допредельного уровня крутящего момента  $0,7$  и  $0,9$ . Наконец, при  $\omega_0=202$  Гц образцы испытаны при трех значениях уплотняющего напряжения и допредельного уровня крутящего момента.

На рис. 3.3.2 в качестве примера показаны результаты испытания образцов грунта на вибрационное воздействие при  $\omega_0=202$  Гц приведенные в табл. 3.3.2. Треугольниками обозначены кривые при  $M_{tor}/M_{tor,lim}=0,9$ , квадратами -  $M_{tor}/M_{tor,lim}=0,7$ , ромбами -  $M_{tor}/M_{tor,lim}=0,5$ .

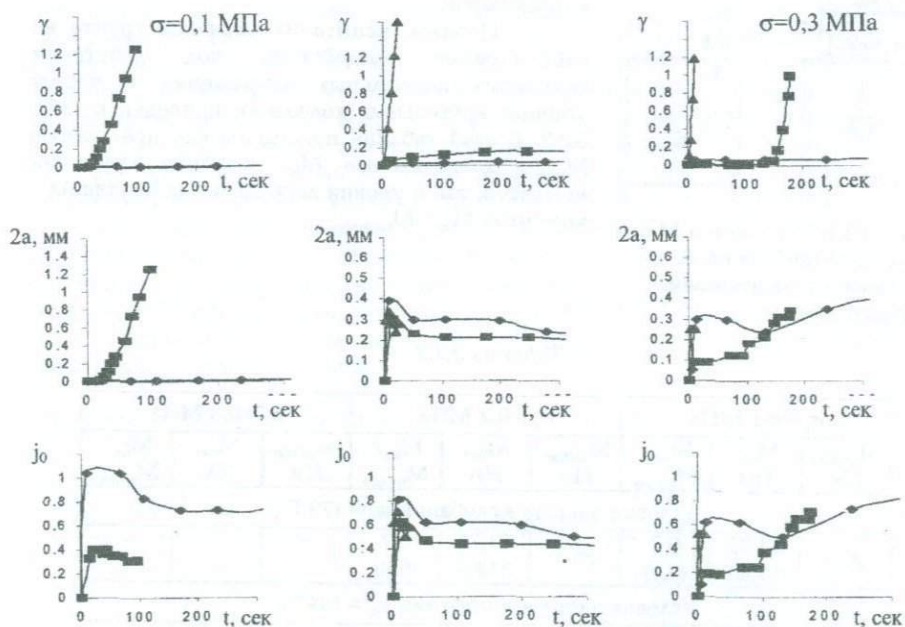


Рис. 3.3.2. Кривые зависимости относительной деформации  $\gamma$ , двойной амплитуды крутильных колебаний  $2a$  и относительного ускорения  $j_0$  от времени  $t$  при  $\omega_0=202$  Гц.

Анализ результатов закручивания образцов под действием  $\sigma_z=0,1; 0,2$  и  $0,3$  МПа, находящихся в допредельных состояниях  $M_{tor}/M_{tor,lim}<1$ , показал, что при крутильных колебаниях имеет место изменение во времени (возрастание) как деформации сдвига, так и амплитуды крутильных колебаний. Во всех значениях,

использованных в экспериментах угловых частот колебаний при  $M_{\text{тор}}/M_{\text{тор,lim}}=0,5$  и  $0,7$ , деформации сдвига и амплитуды крутильных колебаний достигают наибольшего значения в течение нескольких сотен секунд, а при  $M_{\text{тор}}/M_{\text{тор,lim}}=0,9$  — нескольких секунд.

Опыты показали, что при  $M_{\text{тор}}/M_{\text{тор,lim}}=0,5$ , независимо от величины угловой частоты колебания, имеет место незначительное возрастание деформации сдвига и амплитуды (ускорения) крутильных колебаний. Это значит, что в этих условиях вибрационные воздействия не оказали существенного влияния на деформационные и прочностные свойства образцов грунта. Когда  $M_{\text{тор}}/M_{\text{тор,lim}}=0,7$ , а угловые частоты крутильных колебаний равны  $\omega_0=172$  и  $184$  Гц деформации сдвига и амплитуды крутильных колебаний стабилизируются без исчерпания прочности образцов. В то же время при  $\omega_0=202$  Гц, за исключением одного случая, вибрационное воздействие привело к исчерпанию прочности образцов - к их разрушению.

В отличие от изложенного выше, при  $M_{\text{тор}}/M_{\text{тор,lim}}=0,9$  практически все образцы под действием использованных в опытах угловых частот колебаний исчерпали свою прочность.

Полученные из опытов результаты полностью согласуются с данными, полученными ранее при испытании грунтов в кинематическом режиме — в режиме контроля крутящих моментов  $M_{\text{тор}}$  (касательных напряжений  $\tau$ ). В этих опытах наибольший интерес представляют возрастания во времени начальных небольших значений амплитуды и ускорения крутильных колебаний в связи с постепенным разрушением структуры грунта и существенным снижением его прочности. При высоких значениях допредельного состояния образцов возрастание амплитуд и ускорений крутильных колебаний завершается исчерпанием прочности — разрушением грунта. Наглядным примером сказанному является поведение образцов испытываемого грунта при  $\omega_0=172$  Гц,  $\sigma_z=0,2$  МПа и  $M_{\text{тор}}/M_{\text{тор,lim}}=0,9$ .

Начальное ускорение испытанных образцов при  $t=6$  с было равно  $j_a=0,13g$  и в течение первых 85 с оно возросло относительно незначительно. С наступлением лавинного разрушения структуры грунта и уменьшения ее прочности произошло весьма существенное возрастание как амплитуды ( $2a=0,45$  мм), так и ускорения ( $j_a=0,58g$ ) крутильных колебаний, которые при  $t=218$  с привели к полной потере прочности грунта.

Изложенное выше позволяет заключить, что небольшие начальные ускорения колебаний могут стать причиной полной потери прочности грунтов, находящихся в допредельном состоянии, вследствие их структурного разупрочнения и резкого повышения амплитуды колебаний. Время наступления резкого возрастания амплитуды и ускорения колебаний зависит как от начальной структурной прочности грунта, времени наступления резкого возрастания деформации сдвига, так и от величины ускорения колебаний.

Приведен сопоставительный расчет устойчивости склона Нубарашенского оползня по данным остаточной прочности грунта с учетом и без учета динамического воздействия, а также по данным его динамической (вибрационной) остаточной прочности.

Приведенные выше результаты исследований показали, что при динамическом (вибрационном) воздействии имеет место существенное снижение прочностных показателей глинистых грунтов, что не учитывается при расчетах устойчивости природных склонов и откосов сооружений из грунтовых

материалов. Расчет их устойчивости производится по данным стандартной (остаточной) прочности грунтов, с учетом воздействия добавочной силы, создаваемой динамическим воздействием.

С целью сравнения расчета устойчивости склона по данным остаточной (статической) прочности глинистых грунтов с учетом динамического воздействия, с расчетом по данным их динамической (вибрационной) остаточной прочности без учета указанных воздействий, нами был произведен расчет устойчивости склона Нубарашенского оползня. Расчет производился с применением модуля SLOPE/W компьютерной программы GEO-SLOPE:

1. при учете остаточной прочности грунта,
2. при учете остаточной прочности грунта и динамического воздействия,
3. при учете виброостаточной прочности грунта без учета динамических воздействий.

В строении данного склона принимают участие породы нижне-олигоценового возраста так называемой "Шорахпюрской свиты". С юга на север и восток мощность свиты сокращается, разделяясь на две подсвиты: нижнюю-суглинистую и верхнюю-глинистую. Выделяются также небольшая толща рифовых известняков, мощностью 10 м с простираем 500 м. Основными породами отмеченной подсвиты являются глины, песчаники, алевролиты. Они принадлежат морской (нижней) моласовой формации, их мощность составляет 1000 м. Горизонты данной свиты в пределах исследуемой территории имеют падение в северо-восточном направлении, угол падения составляет 18-20°.

Отмеченная толща на восточной стороне автодороги Ереван-Нубарашен перекрывается осадочной толщей "Ацаванской свиты" возраста верхнего Олигоцена — нижнего Миоцена.

Инженерно-геологический разрез Нубарашенского оползневой участка представлен тремя разновидностями грунтов (рис. 3.4.1). В верхней части оползневой массива залегает крупнообломочный галечно-гравелистый грунт, который подстилается слоем светлокоричневых глин (шорахпюрская свита), под которыми залегает слой переуплотненных голубоватых глин твердой консистенции.



Рис. 3.4.1. Инженерно-геологический разрез Нубарашенского оползневой участка.

Буровыми работами проведенными фирмой GEORISK выявлено, что плоскость скольжения оползня проходит по контакту светлокоричневых глин шорахпюрской свиты и подстилающих их голубоватых глин, т.е. имеет место скольжение слоя светлокоричневых глин по подстилающему слою. Следовательно, при оценке устойчивости склона представляет интерес слой светлокоричневых глин шорахпюрской свиты.

С целью определения прочностных и вибропрочностных характеристик грунта отмеченного выше слоя были проведены лабораторные исследования на образцах этого грунта ненарушенной структуры отобранного в виде монолита из буровой скважины пробуренной в теле Нубарашенского оползня.

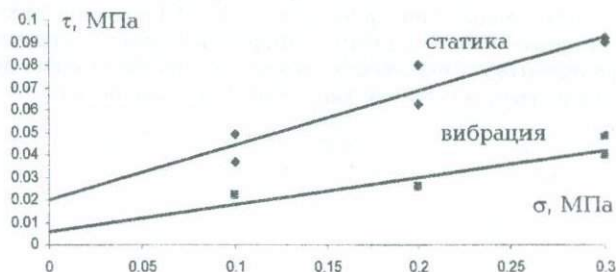
Исследования проводились на устройстве М-12 в кинематическом режиме, под действием нормальных напряжений  $\sigma = 0.1, 0.2$  и  $0.3$  МПа по АСТ 178-99. В начале определялась остаточная прочность образца  $\tau_r$ , а после стабилизации крутящего момента (касательного напряжения) он, без прекращения закручивания, подвергался воздействию крутильных колебаний с ускорением  $0,325g$ , создаваемых кривошипно-шатунным вибратором.

В результате испытания образцов грунта по отмеченному методу были получены показатели остаточной  $\tau_r$  и виброостаточной  $\tau_{r,vib}$  прочностей, данные которых приведены в табл. 3.4.1 и на рис. 3.4.2.

Таблица 3.4.1.

Статика	
tgφ	0.24153
φ	13.5783
c	0.02028
Вибрация	
tgφ <sub>vib</sub>	0.11979
φ <sub>vib</sub>	6.83067
c <sub>vib</sub>	0.00604

Рис. 3.4.2.



Были произведены расчеты устойчивости склона Нубарашенского оползневой участка по данным остаточной прочности грунта, с учетом и без учета динамического воздействия с ускорением колебаний  $0.325g$ , а также по данным виброостаточной прочности грунта испытанного при том же ускорении колебаний ( $0.325g$ ). Результаты отмеченных расчетов приведены на рис. 3.4.3.

*Примечание:*  $k_1$  — коэффициент устойчивости склона при учете остаточной прочности грунта и отсутствии динамического воздействия,  $k_2$  — коэффициент устойчивости склона при учете остаточной прочности грунта и динамического воздействия,  $k_3$  — коэффициент устойчивости склона при учете динамической (вибрационной) остаточной прочности грунта без учета динамических воздействий.

Коэффициент устойчивости ( $k$ )

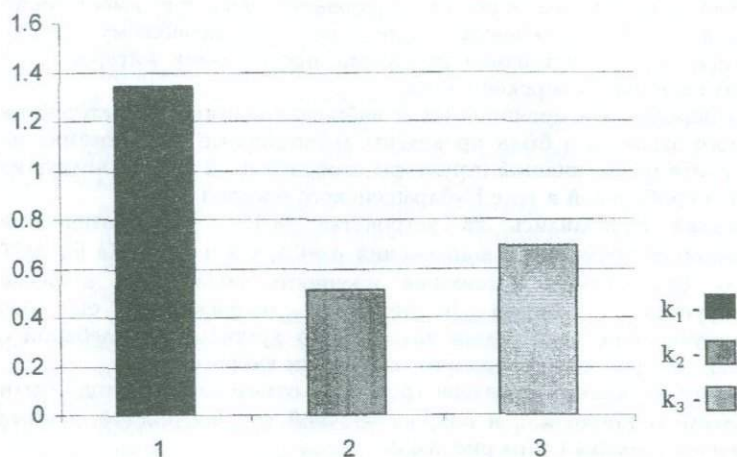


Рис. 3.4.3. Данные коэффициентов устойчивости склона Нубарашенского оползневого участка.

Как видно на рис. 3.4.3, коэффициент устойчивости склона  $k_3$ , рассчитанный по данным виброостаточной прочности грунта, выше коэффициента устойчивости склона  $k_2$  рассчитанного по данным остаточной прочности грунта с учетом динамического воздействия.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Испытания глинистых грунтов в кинематическом режиме с воздействием крутильных колебаний показали, что их прочность существенно зависит от их физических свойств, гранулометрического состава и величины уплотняющего нормального напряжения  $\sigma_z$ .

2. При повторных циклах испытаниях образцов в кинематическом режиме, виброостаточная прочность грунтов  $\tau_{1,вб}$  практически остается неизменной — она изменяется в ту или иную сторону в пределах 5%. Аналогичное явление наблюдается и в поведении остаточных прочностей грунтов, определенных как до вибрационного воздействия, так и в промежутках между ними. В этом случае имеет место некоторое, несущественное возрастание прочности образцов. Изменяемость остаточной прочности грунтов как при приложении вибрационных воздействий, так и при их прекращений, независимо от длительности вибрации, протекает исключительно быстро. После прекращения вибрационных воздействий остаточная прочность образцов практически восстанавливается полностью.

3. Изменяемость остаточной прочности грунтов при всех других равных условиях, зависит от вида грунта. По мере уменьшения глинистости грунта — при переходе от глины к суглинкам (при равных условиях) влияние вибрационного воздействия значительно возрастает.

4. Виброостаточные прочности грунтов, определенные под воздействием небольших нормальных напряжений, судя по диаграммам сопротивления сдвигу суглинков при  $\sigma_z \approx 0.05$  МПа и  $J_a = 0.4g$ , практически равны нулю. Вопрос о снижении прочности глинистых грунтов до нуля при небольших значениях нормальных напряжений и больших значениях ускорений колебаний нуждается в дальнейшем исследовании.

5. Установлено, что при испытании образцов глинистого грунта в допредельных состояниях в режиме контроля деформаций, значения деформации сдвига и амплитуды колебаний зависят от уровня допредельного состояния, степени уплотненности и частоты колебаний.

6. Выявлено, что небольшие начальные ускорения колебаний могут стать причиной полной потери прочности грунтов, находящихся в допредельном состоянии, вследствие их структурного разупрочнения и резкого повышения амплитуды колебаний. Время наступления резкого возрастания амплитуды и ускорения колебаний зависит как от начальной структурной прочности грунта и времени наступления резкого возрастания деформации сдвига, так и от величины начального ускорения колебаний.

7. Установлена возможность расчета устойчивости склонов и откосов сооружений из глинистых грунтов по лабораторным данным определения виброостаточной прочности в кинематическом режиме.

8. Экспериментально подтверждена надежность и достоверность полученных из опытов результатов с применением разработанного впервые устройства М-12 для определения прочностных свойств грунтов методом кручения образцов грунта в кинематическом режиме. Оно может быть успешно использовано для определения прочностных и деформационных свойств грунтов (глинистых и песчаных) не только в лабораторных, но и в полевых условиях.

9. Подтверждены надежность и простота применения разработанного впервые кривошипно-шатунного вибратора для определения прочностных свойств глинистых грунтов в условиях динамических (вибрационных) воздействий посредством создания вынужденных крутильных колебаний в течение достаточно длительного времени при широком диапазоне изменения их ускорений за счет изменения частоты и амплитуды крутильных колебаний.

## СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ

1. Таслагян К.А. Вибратор для определения прочностных свойств глинистых грунтов в условиях динамического воздействия // Вестник строителей Армении. – Ереван, 4' 2004, - спец. Выпуск – с. 11-13.
2. Месчян С.Р., Таслагян К.А. Поведение остаточной прочности глинистых грунтов при повторном вибрационном воздействии. // Известия НАН РА, Науки о Земле, 2005, LVIII, №3, с. 58-61.
3. Месчян С.Р., Таслагян К.А. Устройства для определения реологических свойств грунтов методом кручения образцов в кинематическом режиме. // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005; №3, с. 16-17.
4. Таслагян К.А. Вибродвиговое поведение глинистых грунтов в допредельных состояниях. // Известия НАН РА, Науки о Земле, 2005, №2, с. 48-50.

ԹԱՍԱԼԱԳՅԱՆ ԿԱՐԵՆ ԱՆԴԻԵԱՄԻ

ԿԱՎԱՅԻՆ ԳԵՏՆԱԲՈՂՈՒԹՅԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ԱՄՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՐԱՆՑ ԱՄՅՄԱՆԱՅԻՆ ԵՎ ՍԻՆՉԱՄՅՄԱՆԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐՈՒՄ

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Ճարտարագիտական երկրաբանության կարևորագույն խնդիրներից է բնական լանջերի և կավային գետնահողերից կառուցված կառույցների շեպերի կայունության հարցը: Հատուկ ուշադրության են արժանի վերջիններիս կայունության խնդիրները դինամիկ ազդեցությունների ներգործության դեպքում, երբ դրանք զգալիորեն իջեցնում են կավային գետնահողերի ամրությունը, հաճախ սպառում այն և սողանքների առաջացման պատճառ դառնում: Ակնհայտ է, որ մշված խնդիրների լուծման համար անհրաժեշտ է որոշել կավային գետնահողերի դինամիկ (վիբրացիոն) ամրությունները, ինչը չափազանց թույլ է հետազոտված:

Ատենախոսությունում կատարված աշխատանքի արդյունքում մշակված է կինեմատիկական ռեժիմով գետնահողերի ամրության և այլ ռելիոգիական հատկությունների որոշման համար M-12 կայանքը, ինչպես նաև շուտով կաշարժաթևային թրթռիչը, դինամիկ պայմաններում կավային գետնահողերի ամրության հատկությունները որոշելու համար:

Հաստատված է, որ հավասար այլ պայմանների դեպքում, գետնահողերի վիբրամրության ցուցանիշները զգալի կերպով կախված են նրանց տեսակից, ֆիզիկական հատկություններից և խտացմող նորմալ լարման մեծությունից:

Բացահայտվել է, որ կինեմատիկ ռեժիմում գետնահողերի մոլշների պարբերական փորձարկումների ժամանակ նրանց վիբրա-մնացորդային ամրությունը  $\tau_{vib}$  գործնականորեն մնում է անփոփոխ: Նմանատիպ երևույթը նկատվում է նաև գետնահողերի հետվիբրացիոն մնացորդային ամրությունների վարքում: Այս դեպքում տեղի ունի մոլշների ամրության ոչ զգալի աճ: Վիբրացիոն ազդեցությունների դադարից հետո մոլշների մնացորդային ամրությունը գործնականորեն ամբողջությամբ վերականգնվում է:

Համաձայն սահքի դինադրության դիագրամների, փոքր նորմալ լարումների ազդեցության տակ որոշված գետնահողերի վիբրամնացորդային ամրությունները  $\sigma_{\approx 0.05}$  ՄՊա և  $J_{\approx 0.4g}$  դեպքում գործնականորեն հավասար են զրոյի:

Հաստատված է, որ մինչսահմանային վիճակներում կավային գետնահողի փորձանմուշների փորձարկման ժամանակ, նրանց սահքի դեֆորմացիայի և տատանումների ամպլիտուդայի մեծությունները կախված են մինչսահմանային վիճակի մակարդակից, խտացվածության աստիճանից և տատանումների հաճախությունից:

Բացահայտված է, որ տատանումների ոչ մեծ սկզբնական արագացումները կարող են պատճառ դառնալ մինչսահմանային վիճակում գտնվող գետնահողերի ամրության կորստի, նրանց կառուցվածքային ամրության խախտման և դրա հետևանքով տատանումների ամպլիտուդայի ու արագացման կտրուկ աճի հետևանքով:

Նուբարաշենի սողանքի լանջի կայունության համեմատական հաշվարկներով հաստատվել է, որ գետնահողի վիբրա-մնացորդային ամրության տվյալներով հաշված լանջի կայունության գործակիցը մեծ է գետնահողի մնացորդային ամրության տվյալներով և դինամիկական ազդեցության հաշվի առնումով հաշված լանջի կայունության գործակիցի:

1959