

СССР — МПС

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

инженер П. А. ГРИШИН

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ЗАТОПЛЕННЫХ ОТКОСОВ НАСЫПЕЙ,
ПЛОТИН И ДАМБ ИЗ НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск

1962

НТБ
ДНУЖТ

инженер П. А. ГРИШИН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ
ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ЗАТОПЛЕННЫХ ОТКОСОВ НАСЫПЕЙ,
ПЛОТИН И ДАМБ ИЗ НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор
Н. Н. МАСЛОВ

Днепропетровск
1962

НТБ
ДНУЖТ

1737 p

Экспериментальная часть работы выполнена в лаборатории
«Механики грунтов» Ленинградского ордена Трудового
Красного Знамени инженерно-строительного института,
на стройплощадках Горьковской и Кайраккумской ГЭС

Публичная защита диссертации состоится на заседании
Ученого совета

29. мая 1962 г.

Афтореферат разослан

28. апреля 1962 г.

Отзывы по настоящему автореферату просьба
направлять в адрес Ученого Совета института:
г. Днепропетровск, Севастопольская, 15



НТБ
ДНУЖТ

Новый подъем промышленности и сельского хозяйства в нашей стране требует огромного количества электроэнергии. Потребность в ней будет в значительной степени удовлетворена строительством новых гидроэлектростанций.

Возведение земляных сооружений гидроузлов, водохранилищ и оросительных систем связано с выполнением значительных объемов земляных работ. Масштабы и трудоемкость этих работ требуют всемерной их механизации и, в первую очередь, применения гидромеханизации.

Советская строительная практика имеет большой опыт возведения земляных сооружений из несвязных грунтов средствами гидромеханизации (Москва—Волгострой, Куйбышевский и Горьковский гидроузлы на Волге и др.).

Однако вопросы динамической устойчивости таких сооружений еще до последнего времени полностью не разрешены и остаются в центре внимания строительных, проектных и научно-исследовательских организаций.

В данной работе рассматриваются явления, происходящие в затопленных откосах из несвязных грунтов при динамических воздействиях, и указываются возможные пути оценки степени их динамической устойчивости.

В настоящее время прогноз устойчивости затопленного откоса в динамических условиях ограничивается введением в расчетные формулы сейсмического коэффициента (СН-8-57), с помощью которого при статическом расчете земляных сооружений пытаются учесть дополнительные инерционные силы. Однако, анализ обрушений песчаных откосов при динамическом на них воздействии и многочисленные исследования в лабораторных и полевых условиях показывают, что учет только силового инерционного фактора без учета динамических свойств грунта не может быть достаточным при решении вопроса динамической устойчивости затопленного откоса. Несомненно, в этих условиях динамические свойства грунта будут играть немаловажную роль в устойчивости земляного сооружения.

Известный вклад в решение вопросов устойчивости водонасыщенных песков внесли Н. М. Герсевич, В. А. Флорин, М. Н. Гольдштейн, П. Л. Иванов, Ш. Д. Сидерас.

Многочисленные исследования изменения свойств песчаных грунтов под действием вибрации проводились Д. Д. Барканом, О. А. Савиновым, В. А. Ершовым, Р. Д. Филипповым, Н. Т. Валишевым и др.

В 1935 году Н. Н. Маслов отметил, что на динамическую устойчивость песков оказывает влияние их гранулометрический состав, форма зерен и плотность. Дальнейшие теоретические разработки и экспериментальные исследования водонасыщенных песков в динамических условиях позволили создать Н. Н. Маслову «Фильтрационную теорию».

Проблемами, связанными с явлением полной или частичной потери устойчивости песка в откосах, подверженных динамическому воздействию, занимались и занимаются лаборатории многих научных учреждений: ЛИСИ, оргэнергострой, ЛПИ, ДИИТ, ВОДГЕО, ЦНИПС и др.

В трудах Н. Н. Маслова, А. А. Ничипоровича, Л. Д. Архангельского и др. приводятся методы поверочных расчетов динамической устойчивости откосов.

Однако до настоящего времени нет ясной картины природы явления, вследствие чего многие практические вопросы, связанные с проектированием, не могут быть решены.

Теоретическая база для решения вопросов, связанных с динамической устойчивостью песчаных затопленных откосов, еще недостаточно подготовлена и подтверждена экспериментами.

* * *

Известно, что при динамическом воздействии на водонасыщенные пески (когда это воздействие выше некоторой критической величины) частицы песка, выведенные из состояния равновесия, стремятся под влиянием собственного веса занять возможно устойчивое, наименее положение. Такой процесс ведет к уплотнению песка, уменьшению объема пор. Следствием является отдавливание избытка воды из пор.

Фильтрационные токи избыточной поровой воды направлены в сторону свободной поверхности. В толще песка возникает противодавление, взвешивающее его зерна. Это обстоятельство приводит к снижению сопротивляемости грунта сдвигу.

Для оценки устойчивости толщи водонасыщенного песка под действием динамической нагрузки «Фильтрационная теория» Н. Н. Маслова предлагает следующие характеристики грунтов:

- 1) критическое ускорение колесаний — $a_{кр}$ (предложено впервые О. А. Савиновым);
- 2) коэффициент динамического уплотнения — γ_n ;
- 3) модуль динамического уплотнения — A_n .

Указанные динамические характеристики грунтов позволяют в количественном отношении определить взвешивающее влияние на скелет грунта возникающих в толще фильтрационных токов избыточной поровой воды.

Фильтрационное противодавление на скелет грунта уменьшает величину сопротивляемости сдвигу, т. е. снижает общую устойчивость массива.

Таким образом, возникающие в толще песчаного затопленного откоса при динамическом на него воздействии фильтрационные токи являются одной из причин изменения его устойчивости.

В свете вышеизложенного в настоящей работе поставлены и решены следующие основные задачи:

1. Исследование процессов, происходящих в толще затопленного песчаного откоса при действии на него динамической нагрузки.

2. Определение наиболее опасных зон, с точки зрения динамической устойчивости, в толще земляного сооружения.

3. Экспериментальная проверка теоретических зависимостей и возможности применения динамических характеристик грунтов при определении устойчивости затопленного откоса, когда на земляное сооружение действуют вибрационные нагрузки.

4. Применение теоретических зависимостей для оценки динамической устойчивости откосов земляных сооружений из водонасыщенных песков.

Все эти задачи можно было полноценно решить только при испытании больших моделей дамб и плотин.

Поэтому в 1955 году на площадке Кайраккумской ГЭС по проекту ЛИСИ силами строительства была сооружена вибрационная установка. Установка давала возможность проводить эксперименты с массами песка до 20 т, уложенными в виде моделей дамб и плотин.

Для намыва опытных дамб и плотин использовались мелкокатанные, среднес- и мелкозернистые пески.

Установка состояла из большого лотка $600 \times 115 \times 222 \text{ см}^3$, малого лотка $150 \times 50 \times 60 \text{ см}^3$, моторной группы, пульповода со смесителем и других частей.

Загрузка большого лотка осуществлялась методом гидронамыва песчаной пульпы в заполненный водой лоток.

Возбудителем динамических воздействий служил трехфазный электромотор мощностью 18 кВт, вращательное движение которого преобразовывалось эксцентриком и кривошипно-шатунным механизмом в колебательное.

При проведении испытаний обеспечивались динамические режимы с амплитудами от 3,5 до 30 мм и частотами от 0,20 до 2,20 гц, что соответствовало ускорениям гармонического колебания от 18 до 5000 мм/сек².

Исследования проводились в условиях гармонических горизонтально направленных колебаний или ударных воздействий на песчаные модели.

В процессе исследований замерялись режим вибрации, гидродинамические напоры, деформации поверхности откоса, плотность песка.

Испытания моделей дамб и плотин проводились в условиях полного затопления и опирания на водонепроницаемое основание.

* * *

При динамической нагрузке исследовались модели откосов высотой 100 см и 200 см, с заложением 1:3 и 1:6 и модели дамб (плотин) высотой 25 см с заложением откосов 1:4.

Наблюдения за опытными моделями показали, что устойчивость песчаного откоса зависит от интенсивности и характера динамического воздействия, геометрических размеров откоса, плотности и механического состава песка, уложенного в тело откоса. Однако динамическое воздействие приводит к изменению устойчивости откоса только в том случае, если интенсивность его больше некоторой определенной величины $\alpha_{кр}$. Величина этой критической интенсивности зависит от физико-механических свойств песка и заложения откосов.

Уплотнение песка в затопленном откосе под действием динамической нагрузки приводит к возникновению в его толще гидродинамических напоров, к появлению деформаций. Деформации отмечаются в виде перемещений (оплывов) отдельных частиц или верхних слоев вдоль откоса; наиболее деформируемой частью является гребень модели.

В динамических условиях верхней затопленной откос плотины находится в менее выгодных условиях, чем низовой.

Пригрузка откосов хорошо дренируемым динамически устойчивым материалом повышает устойчивость модели плотины; пригрузка гребня — менее эффективна.

Вибрационные воздействия на модели откосов вызывают в толще их постепенный рост гидродинамических давлений в поровой воде; максимальное давление возникает через 15—50 сек. после начала опыта.

Ударная нагрузка вызывает резкий скачок гидродинамических давлений в поровой воде; максимальные давления отмечаются в первые секунды после приложения динамического воздействия.

Следует отметить, что деформация поверхностей моделей замечалась в одно время с появлением в песчаной толще гидродинамических напоров. Обычно время появления в толще максимальных по величине гидродинамических напоров совпадает с наибольшими деформациями откоса.

В одинаковых условиях большим гидродинамическим напорам соответствовали наибольшие деформации.

При полном взвешивании зерен песка фильтрационными токами избыточной поровой воды (разжижении) наблюдается быстрое оплавление масс на более низкие горизонты; модель совершенно теряет свои прежние очертания и превращается в слой песка с почти горизонтальной поверхностью; плотность песка увеличивается.

* * *

Под влиянием собственного веса и нагрузки на поверхности откоса в толще его устанавливается определенное напряженное состояние; в каждой точке толщи возникает система нормальных и касательных напряжений, нарушение устойчивости грунта по некоторой площадке, проходящей через эту точку, наступает лишь при определенном значении сдвигающего напряжения.

Динамическое воздействие на затопленный откос, при условии уплотнения песка в нем, приводит к снижению сопротивляемости сдвигу за счет уменьшения нормальных напряжений при взвешивании скелета грунта фильтрационными токами избыточной поровой воды.

Сопротивляемость сдвигу в песке будет зависеть в этих условиях от величины динамического напора и может быть выражено известной формулой:

$$S_{\text{дин}} = (p_{\text{ст}} - \Delta h_z) \operatorname{tg} \varphi \quad (1),$$

где $S_{\text{дин}}$ — сопротивляемость песка сдвигу в динамических условиях;

$p_{\text{ст}}$ — нормальное напряжение в песке в статических условиях;

Δ — объемный вес воды;

h_z — гидродинамический напор;

φ — угол внутреннего трения песка.

Изменение сопротивляемости песка сдвигу приводит к изменению общей устойчивости затопленного откоса. И, как видно из формулы (1), одной из причин уменьшения устойчивости откоса будет являться появление в его толще восходящих фильтрационных токов воды.

Н. Н. Маслов для оценки устойчивости затопленного песчаного откоса в динамических условиях предлагает следующую зависимость:

$$\eta = (1 - J_z) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \beta} \quad (2)$$

где η — коэффициент запаса устойчивости;

J_z — гидравлический градиент фильтрационного напора избыточной поровой воды;

β — угол заложения откоса.

Из выражения (2) следует, что изменение коэффициента устойчивости откоса зависит от величины гидродинамического давления, которое при определенном динамическом воздействии является функцией динамических свойств грунта.

Таким образом, чтобы прогнозировать устойчивость откоса в динамических условиях необходимо иметь полную картину распределения гидродинамических напоров и движения избыточной поровой воды в его толще.

Для выяснения распределения избыточных гидродинамических напоров в толще моделей откосов и дамб были установлены пьезометры, показания которых контролировались электроманометрами с записью передаваемых импульсов на ленту осциллографа.

Весь процесс, связанный с появлением гидродинамических напоров в толще откоса при динамическом на него воздействии, можно разбить на четыре периода:

I период — интенсивное уплотнение самой низкой части откоса, связанной с появлением очага гидродинамических напоров, максимальных для данного момента, в районе, прилегающем к нижней бровке откоса.

II период — уплотнение охватывает всю массу песка в теле откоса; очаг максимальных гидродинамических напоров переместился вдоль подошвы откоса в его среднюю часть.

III период — интенсивное уплотнение самой высокой части откоса; очаг максимальных гидродинамических напоров находится под гребнем откоса у основания; в этот момент отмечаются самые наибольшие по величине напоры.

IV период — заканчивается уплотнение во всех частях толщи откоса; очаг максимальных гидродинамических напоров остается в том же положении, что было в III периоде; замечается общее уменьшение величин напоров.

Продолжительность каждого периода неодинакова. В наших опытах наиболее коротким во времени был I-й период, наиболее продолжительным — III-й период. В III периоде отмечается наиболее интенсивная деформация поверхности откоса. Однако, продолжительность периодов, абсолютные величины максимальных гидродинамических напоров и деформаций зависят от интенсивности динамического воздействия, физико-механических свойств песка, размеров и формы сооружения. При прочих равных условиях чем больше высота сооружения, тем больше времени потребуется для завершения уплотнения во всем теле плотины (дамбы).

Построенные по результатам замеренных напоров гидродинамические сетки представляют собой незамкнутые эквипотенциальные линии, эксцентрично расходящиеся от очагов максимальных гидродинамических напоров, а линии токов — лучами расходящиеся кривые линии.

В период интенсивного уплотнения песка в плотине (III период) линии токов под гребнем ее очень близки по виду к прямым линиям, перпендикулярным к поверхности откоса.

При рассмотрении построенных гидродинамических сеток обращает на себя внимание неравномерная по вертикалям в разных частях толщи откоса густота линий равных напоров. Всегда наиболее густо располагаются эквипотенциали у поверхности откоса над очагами максимальных гидродинамических напоров. При этом расстояние между ними увеличивается к подошве откоса.

Наблюдения за появляющимися в теле откоса при динамическом уплотнении песка гидродинамическими напорами показывают, что обычно области максимальных избыточных напоров примыкают к подошве, а у поверхности они равны нулю. Следовательно в толще песка происходит движение высвободившейся из пор воды. Избыточная поровая вода движется от подошвы к поверхности откоса.

Как уже отмечалось выше, на гидродинамических сетках расстояния между эквипотенциальными линиями растут от верхних горизонтов откоса к его подошве. Это обстоятельство указывает на изменение величины гидравлического градиента как по вертикали, так и вдоль линий токов. В условиях, когда откос покоится на неуплотняющемся и недrenирующем основании, а вся толща песка уплотняется под действием динамической нагрузки, градиенты будут меняться от нуля на уровне основания до максимального значения в поверхностных горизонтах. Следовательно давление избыточной поровой воды на скелет грунта будет возрастать к поверхности откоса, и слои песка, лежащие близко к ней, будут находиться в самых неблагоприятных условиях.

Несомненный интерес представляют закономерности гидродинамических напоров и градиентов по вертикалям и вдоль линий токов.

Графический метод обработки результатов наблюдений позволил представить нам картину распределения напоров в уплотняющейся толще песка, ограниченной наклонной поверхностью. Избыточные гидродинамические напоры вдоль вертикальных линий и линий токов изменяют свои величины по параболическому закону. Однако, отмечаются случаи, когда они изменяются по линейному закону; такие случаи отвечают разжижению песка в откосе, т. е. полному взвешиванию зерен песка в восходящих фильтрационных токах избыточной поровой воды.

При динамическом воздействии на затопленный откос, песок в нем может находиться в трех состояниях:

Состояние А — относительный покой; смещение зерен не происходит, уплотнения нет.

Состояние Б — частичное взвешивание зерен песка в восходящих фильтрационных токах избыточной поровой воды; происходит переупаковка зерен, уплотнение песка; заметны деформации откоса.

Состояние В — полное взвешивание зерен песка в фильтрационных токах — разжижение; наблюдается интенсивное смещение зерен; песок в откосе расплывается.

В настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с частичным взвешиванием песка в откосе (состояние Б).

Такой подход, с нашей точки зрения, наиболее полно освещает возможное изменение динамической устойчивости затопленного песчаного откоса, так как в этом случае необходимо учитывать изменяющиеся свойства песка от состояния относительного покоя до состояния разжижения.

В состоянии частичного взвешивания песок в откосе подвергается противодействию от фильтрационных токов избыточной поровой воды, с величинами гидравлических градиентов J_z от 0 до $J_{кр}$, то есть до градиента напоров, при котором происходит полное взвешивание песчаной толщи с переходом ее в подобие тяжелой жидкости.

Выше отмечалось, что деформации затопленного песчаного откоса под действием динамической нагрузки связываются с появлением в толще токов избыточной поровой воды, которые несомненно являются причиной этих деформаций. Поэтому, очевидно, особый интерес представляет охарактеризовать этих токов, то есть определение для них величин гидродинамических напоров h_z и гидравлических градиентов J_z .

Результаты опытов с большими моделями затопленных откосов показали, что при частичном взвешивании песка в динамических условиях величины гидродинамических напоров вдоль линии тока изменяются по параболической зависимости от нуля на поверхности до своего максимума к основанию. Величины гидравлического градиента фильтрационного тока избыточной поровой воды в тех же условиях меняются от нуля до максимального значения по прямолинейному закону.

Сравнение результатов опытов с соответствующими теоретическими зависимостями, приводимыми Н. Н. Масловым в «Фильтрационной теории», показывает удовлетворительную их сходимость.

По результатам приведенных опытов на основании построенных гидродинамических сеток определялись величины средних градиентов:

$$J_{cp} = \frac{h_z^n - h_z^k}{H}, \quad (3)$$

где h_z^n — гидродинамический напор в начале тока (основание откоса);

h_z^k — гидродинамический напор в конце тока (поверхность откоса);

H — длина линии тока.

Теоретическая величина среднего градиента может быть найдена из выражения:

$$J_{cp} = A \frac{H}{2} \quad (4)$$

В таблице 1 сопоставлены величины средних градиентов, определенных из опытов теоретическим путем.

Т а б л и ц а 1

Из опытов	Величины средних градиентов									
	0,42	0,23	0,13	0,086	0,0046	0,56	0,40	0,32	0,22	0,13
Из выражения (4)	0,39	0,23	0,13	0,038	0,0046	0,52	0,40	0,32	0,21	0,12

Опытные данные относятся к различным линиям токов.

Выражение (4) наряду с другими формулами Н. Н. Маслова представляет несомненный практический интерес, так как оно позволяет с достаточной точностью охарактеризовать возникающие в толще затопленного откоса при динамическом на него воздействии, вызывающем уплотнение песка, фильтрационные токи избыточной поровой воды. При этом динамические свойства грунта отражаются модулем динамического уплотнения A_n . Однако этими формулами можно оперировать только при условии частичного взвешивания зерен песка в восходящих фильтрационных токах избыточной поровой воды, то есть при $J_z < J_{кр}$.

При полном разжижении ($J_z \geq J_{кр}$) свойства песка его значительно отличаются от свойств сыпучего тела, так как в этом случае он превращается в суспензию.

При рассмотрении результатов опытов с затопленными откосами при динамическом на них воздействии обращают на себя внимание неодинаковые условия работы отдельных слоев песчаной толщи. Поверхностный слой испытывает наибольшее гидродинамическое давление; сопротивление сдвигу возрастает от поверхности к основанию под влиянием собственного веса толщи. Следовательно поверхностный слой благодаря такому сочетанию напряжений будет находиться в самых невыгодных условиях по сравнению с другими частями толщи.

Наблюдения за деформациями откоса в динамических условиях показывает, что они обычно начинаются со смещения отдельных зерен вдоль откоса, а затем следует опływ слоев песка, прилегающих к поверхности; горизонты песка у по-

дошвы откоса практически не перемещаются; относительные горизонтальные смещения отдельных участков наибольшие у поверхности.

При деформации поверхности песчаного откоса никогда не наблюдается обрушений частей его по каким-либо поверхностным скольжения, отмечается лишь постепенный спływ поверхностных масс песка на более низкие горизонты.

Оплывы песка (деформации откоса) обычно совпадают по времени с появлением в теле откоса максимальных по абсолютной величине гидродинамических напоров и градиентов в поровой воде.

Связь деформаций откоса из водонасыщенного песка с существованием в его толще при динамическом воздействии фильтрационных токов избыточной поровой воды еще раз подтверждает необходимость учета этого фактора при оценке устойчивости.

* * *

При рассмотрении вопроса устойчивости затопленного песчаного откоса, находящегося под действием динамической нагрузки, мы исходим из допущений, основанных на изложенных выше наблюдениях и исследованиях, а именно:

1) степень устойчивости откоса определяется устойчивостью поверхностного слоя затопленной части его;

2) линии токов избыточной поровой воды направлены по нормальям к поверхности откоса.

Степень устойчивости затопленного песчаного откоса при динамическом воздействии оценивается значением коэффициента запаса — η , величина которого регламентируется техническими условиями и всегда больше единицы. Условие устойчивости записывается (по формуле Н. Н. Маслова) как

$$\eta \geq (1 - J_{\text{рас}}) \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \beta}, \quad (5)$$

где $J_{\text{рас}}$ — расчетный градиент, определяемый по формуле:

$$J_{\text{рас}} = A_n \cdot H'_{\text{рас}}, \quad (6)$$

где $H'_{\text{рас}}$ — расчетная длина линии тока, величина которой зависит от контура сооружения, от уровня затопления и глубины залегания неуплотняющегося горизонта.

Условие динамической устойчивости откоса из водонасыщенного песка также может быть выражено через ограничение величин градиентов гидродинамических напоров в поверхностном слое:

$$J_{\text{рас}} \leq J_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где $J_{\text{доп}}$ — допускаемый градиент, определяемый с учетом коэффициента запаса.

НТБ
ДНУЖТ

Если проверочные расчеты указывают на несоблюдение условий (5) и (7), то для повышения динамической устойчивости откоса рекомендуется предусмотреть защитные мероприятия. К таким мероприятиям относятся пригрузка поверхности динамическим устойчивым грунтом, создание динамически устойчивого поверхностного слоя, снижение уровня затопляемости откоса и др.

Мощность слоя пригрузки — $Z_{пр}$ нами рекомендуется определять из формулы:

$$Z_{пр} = \frac{\Delta (J_{рас} - J_{доп}) z_{доп}}{2 \gamma_v^{np} \cos \beta} \quad (8)$$

где γ_v^{np} — объемный вес пригрузки в воде;

β — угол заложения откоса;

$Z_{доп}$ — расстояние от поверхности откоса до точки фильтрационного тока, в которой величина гидравлического градиента равна $J_{доп}$

Толщину поверхностного динамически устойчивого слоя $Z_{сл}$ можно найти из выражения:

$$Z_{сл} = H'_{рас} \left(1 - \frac{J_{доп}}{J_{рас}} \right) \quad (9)$$

Конструктивно это мероприятие осуществляется путем создания намывных дамб (плотин) с наружными призмами (мощностью равной $Z_{сл}$) из крупнозернистых материалов.

Выводы

1. Испытания больших моделей затопленных песчаных откосов при динамическом воздействии показали, что устойчивость их связана с возникновением в толще песка фильтрационных токов избыточной поровой воды.

2. Проверка степени динамической устойчивости затопленных откосов путем введения в расчеты только сейсмического коэффициента K_c без учета динамических характеристик грунта не отражает их действительной работы.

3. Результаты проведенных исследований с весьма значительным масштабом моделей подтверждают основные положения «Фильтрационной теории» Н. Н. Маслова.

4. Предлагаемая нами методика расчета динамической устойчивости затопленного откоса из несвязных грунтов позволяет учитывать механическое действие на скелет грунта фильтрационных токов избыточной поровой воды, выделяющейся в процессе динамического уплотнения песка.

МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ
В СЛЕДУЮЩИХ ТРУДАХ.

1) Ершов В. А., Велли Ю. Я., Филиппов Р. Д. и Гришин П. А., «Исследования динамической устойчивости водонасыщенных песков», XIII Научная конференция ЛИСИ, доклады, Л., 1955.

2) Маслов Н. Н., Велли Ю. Я., Гришин П. А., Филиппов Р. Д., «Опыты большого масштаба 1955 г. в свете дальнейшего развития фильтрационной теории динамической устойчивости водонасыщенных песков», XIV Научная конференция ЛИСИ, доклады, Л., 1956.

3) Гришин П. А., «Динамическая устойчивость затопленных песчаных откосов», XI Научно-техническая конференция ЧПИ, тезисы докладов, Челябинск, 1957.

4) Гришин П. А., «Полевая вибрационная установка для исследования устойчивости водонасыщенных грунтов в основании и откосах сооружений, подверженных динамическим (сейсмическим) воздействиям», «Вопросы механики грунтов», сборник трудов ЛИСИ, вып. 28, Госстройиздат, 1958.

5) Гришин П. А., «Исследования потери устойчивости песка в затопленных откосах земляных сооружений при динамическом на них воздействии», «Вопросы механики грунтов», сборник трудов ЛИСИ, вып. 28, Госстройиздат, 1958.

6) Гришин П. А., «Устойчивость песчаных откосов при действии на них горизонтальной вибрации», «Труды инженерно-строительного факультета ЧПИ», сборник статей, вып. 2, Челябинск, 1959.

НТБ
ДНУЖТ

М-06193 Подп. к печ. 13/IV-62 г. 1 п. л. Зак. 144 Тир. 200

Типография ЛИСИ, Ленинград, 2-я Красноармейская, 8

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ