

**КОМИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВУ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

Государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт
«Строительство и архитектура»

УДК 624.131.37: 627

На правах рукописи



РАХМАНОВ Азим Абдуллаевич

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ КОНСОЛИДАЦИИ СЛАБЫХ
ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ
В ОСНОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук
по специальности 05.23.00 – «Строительство и архитектура»
(05.23.07 – «Гидротехническое строительство»)

Душанбе – 2024

Работа выполнена в Государственном унитарном предприятии «Научно-исследовательский институт «Строительство и архитектура»» (ГУП «НИИСА») Комитета архитектуры и строительства при Правительстве Республики Таджикистан

Научный консультант Комилов Одина Комилович

Заслуженный работник Таджикистана академик Инженерной академии РТ, доктор технических наук, профессор кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Таджикского национального университета

**Официальные
оппоненты**

Файзиев Хомитхон

доктор технических наук, профессор кафедры инженерные технологии по гидротехнике и геотехнике Ташкентского архитектурно-строительного университета (Республика Узбекистан)

Логинов Геннадий Иванович

доктор технических наук, руководитель группы ОсОО ПИ «Ак-Башат» (Республика Киргизстан, г.Бишкек)

Шарифов Абдумумин

доктор технических наук, профессор, заведующий отделом «Водородная энергетика» Института химии им. В.И.Никитина НАНТ


Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (Российская Федерация, г.Москва)

Защита состоится в «15» мая 2025 г. в 10:00 час. на разовом заседании диссертационного совета 6Д.КОА-059 при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бофанда 5/2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана и на сайте www.imoge.tj

Автореферат разослан «15» апреля 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
6Д.КОА-059, к.т.н.



Кодиров А.С.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Одной из важных задач в области прикладной геомеханики в строительстве является совершенствование методов прогноза деформаций инженерных сооружений на слабых водонасыщенных глинистых грунтах, характеризующихся значительной нелинейной деформируемостью и переменной проницаемостью. Одновременный учет в задачах консолидации изменчивости указанных свойств, а также показателей грунтов в исходном (природном) напряженно-деформируемом состоянии с одновременным учетом изменяющейся (уменьшающейся) первоначальной высотой массива в процессе консолидации, составила актуальность темы настоящей диссертационной работы.

Степень изученности данной тематики. В развитие теории и практики исследования процессов консолидации весомый вклад внесли ученые ближнего зарубежья: Абелев Ю.М., Горькова И.М., Денисов Н.Я., Гольштейн М.Н., Польшин Д.Е., Приклонский В. А., Маслов Н.Н., Сорокина Г. В., Тер-Степанян Г. И., Белый Л.Д., Ломизе Г.М., Бушканец С.С., Роза А.С., Ничипорович А.А., Флорин В.А., Цытович Н.А, Вялов С.С., Зарецкий Ю.К., Абелев М.Ю., В.А., Тер-Мартirosян З.Г и др. исследователи.

Вопросам исследования свойств и слабых водонасыщенных лессовых грунтов в Республике Таджикистан посвящены труды Ахмедова Д.Д. Мусаэляна А.А. Комилова О.К., Лаврусевич С.И., Орипова Г.О., Рузиева А.Р., Сальникова Л.Ф., Тахирова И.Г., Усманова Р.А. и других исследователей.

Влиянию различных факторов на процесс консолидации водонасыщенных грунтов посвящены работы: а) – влиянию начального градиента напора на процесс фильтрации поровой жидкости - исследования Роза А.С., Павилонского В.М., Доброва Э.М. и др.; б) – влиянию газосодержащей поровой жидкости на процесс консолидации водонасыщенных грунтов - исследования Тер-Мартirosяна З.Г, Зарецкого Ю. К., Абелева М.Ю. и др.; в) – изучению реологических свойств грунтов – труды Вялова С.С., Цытовича Н.А., Маслова Н. Н., Ломизе Г.М., Гольдштейна Н.М. и др. исследователей. Среди зарубежных исследователей процесса консолидации водонасыщенных грунтов следует отметить труды Терцаги К., Краузе Г., Леонардса Г., Ло К., Поскита Т., Раймонда Г., Ямбу Н. и др. авторов.

Связь исследования с научными программами. Исследования, положенные в основу диссертационной работы, начаты в 1980-х годах и продолжены в последующие годы в соответствии с рядом Постановлений правительства: Постановления Правительства Республики Таджикистан № 450 от 31.08.2012 г. «О государственной программе по освоению новых орошаемых земель и восстановлению выбывших из сельскохозяйственного оборота земель в Республике Таджикистан на 2012 – 2020 годы» и Постановления № 203 от 27.04.2022 г. «О Стратегии развития строительной отрасли Республики Таджикистан на период до 2030 года».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследований заключалась в реализации комплекса научных и практических исследований по разработке количественной и качественной оценки деформаций слабых водонасыщенных глинистых грунтов большой мощности, обеспечивающих эксплуатационную надежность и безопасность гидротехнических и других инженерных сооружений, являющихся актуальной задачей развития нового направления в области наук о Земле.

Задачи исследования включали:

1. Проведение экспериментальных исследований деформируемости и проницаемости слабых водонасыщенных глинистых грунтов различных регионов на приборах одноосного и трехосного сжатия (стабилометрах) с замером величины порового давления. Предметом исследований являлись, в частности, образцы водонасыщенных глинистых (илистых) грунтов, представленных илами верхних горизонтов, характеризующихся мягкопластичной и пластичной консистенцией, что представилось возможным после их отбора посредством новой конструкции грунтоотборника, разработанного при непосредственном участии автора.

2. Решение теоретической задачи по определению деформаций разуплотнения слабых водонасыщенных глинистых грунтов, проявляющихся при поднятии образцов на дневную поверхность и снятии природной нагрузки, а также определение параметров грунтов, входящие в полученную зависимость.

3. Разработку метода получения графика исходной (природной) компрессии грунтов в массиве и установлении степени уплотненности (в частности, недоуплотненность или нормальная уплотненность), грунтов массива в природном напряженно-деформируемом состоянии.

4. Разработку, на основе полученных результатов исследований, теоретических основ консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом их нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и исходного напряженно-деформируемого состояния в массиве.

5. Разработку методики определения высоты капиллярного поднятия поровой жидкости при колебаниях уровня грунтовых вод в массиве и подтопляемости территорий;

6. Постановку и численное решение задачи фильтрационной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов при учете нескольких факторов: нелинейной деформируемости, переменной проницаемости, исходного напряженно-деформированного состояния грунтов, а также уменьшающейся при фильтрационной консолидации первоначальной высоты массива. В данной постановке задача решалась впервые. При этом автором разработан метод определения реологических параметров (скорости (δ) и затухания ползучести (δ'')) слабых водонасыщенных глинистых грунтов в процессе вторичной консолидации.

Объектом исследования в диссертации являлись слабые

водонасыщенные глинистые (илистые и водонасыщенные лессовые) грунты, служащие основанием гидротехнических и других инженерных сооружений.

Предметом исследования являлось совершенствование метода расчета консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов большой мощности.

Методы исследований включали экспериментальные и теоретические исследования, включающие стандартные и рекомендуемые другими авторами методы исследований слабых водонасыщенных глинистых грунтов.

Научная новизна исследований заключалась в следующем:

- впервые получено теоретическое решение задачи по определению объемной деформации разуплотнения глинистых грунтов при поднятии образцов слабых водонасыщенных глинистых грунтов на дневную поверхность и снятии при этом природной нагрузки, а также получено уравнение природной компрессии в исходном напряженно-деформируемом состоянии;

- впервые, на основе изотермического закона Бойля-Мариотта и закона растворимости газов в жидких средах (закон Генри), получены значения радиусов пузырьков заземленного газа в порах и степени влажности слабых водонасыщенных глинистых грунтов на глубине отбора, т.е. в исходном (природном) напряженно-деформируемом состоянии;

- впервые, на основе формулы Борелли-Жюрена и значениям радиусов пузырьков заземленного газа по глубине массива слабых водонасыщенных глинистых грунтов получена зависимость для высоты капиллярного поднятия поровой жидкости ($h_{\text{кап}}$) при переменном уровне грунтовых вод (при подтоплении территории);

- впервые предложена методика определения мощности сжимаемой толщи (h_a) при действии внешних нагрузок на массив слабых водонасыщенных глинистых грунтов, методика учета влияния органических включений и многослойность массива на величину общей деформации;

- впервые получено решение задачи определения величины осадок различных инженерных сооружений при учете нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и параметров грунтов в исходном напряженно-деформированном состоянии;

- впервые сформулировано и получено численное решение задачи нелинейной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов при учете исходного напряженно-деформированного состояния и изменяющейся в период фильтрационной консолидации первоначальной высоты массива.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- 1) - теоретическое решение задачи по определению объемной деформации разуплотнения грунтов при отборе из массива и установление физических параметров слабых водонасыщенных глинистых грунтов в массиве в исходном (природном) напряженно-деформируемом состоянии;

- 2) – методика построения графика исходной компрессии по глубине массива и оценка степени уплотненности (нормальная уплотненность, недоуплотненность) массива в условиях природного залегания;

3) – аналитическое решение задачи определения конечных осадок гидротехнических и других инженерных сооружений, возводимых на слабых водонасыщенных глинистых основаниях, с учетом нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и исходного напряженно-деформированного состояния грунтов;

4) - численное решение задачи фильтрационной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов при учете нелинейной деформируемости, переменной проницаемости, исходного напряженно-деформированного состояния массива и изменяющейся первоначальной высоты массива в процессе фильтрационной консолидации;

5) - определение времени завершения фильтрационной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов при изменяющейся во времени первоначальной высоте массива;

б) - методика определения реологических параметров (скорости ползучести ($\dot{\delta}$) и затухания ползучести (δ'')) при вторичной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов.

Теоретическая значимость исследований заключается в определении величины объемного расширения образцов грунта при отборе и поднятии на дневную поверхность; разработке метода расчета осадок гидротехнических и других инженерных сооружений на слабых водонасыщенных глинистых основаниях; определении изменений радиусов пузырьков растворенного газа в порах и значений степени влажности грунтов по глубине массива, определении высоты капиллярного поднятия поровой жидкости в подтопляемом массиве; численном решении задачи консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом нелинейной деформируемости и переменной проницаемости грунтов, исходного (природного) напряженно-деформированного состояния грунтов в массиве и уменьшающейся первоначальной высоты массива в процессе фильтрационной консолидации.

Практическая значимость работы заключается в использовании результатов экспериментальных и теоретических исследований при прогнозе деформаций гидротехнических (насыпной земляной плотины) и других инженерных сооружений, возводимых на слабых водонасыщенных илистых грунтах большой мощности.

Как результат совместной деятельности, некоторые из задач и положений диссертации получили свое освещение в совместных с автором публикациях и научных трудах проф. Тер-Мартirosяна З.Г. «Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов» (М.: Недра, 1986.- 292 с.) и «Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений» (М.: Стройиздат, 1990.- 200 с.), а также учебниках «Механика грунтов» (М.: Изд. АСВ, 2005.- 488 с.; М.: Изд. АСВ, 2009.- 553 с.), рекомендованных студентам и аспирантам строительных специальностей ВУЗов, инженерам-геологам, гидрогеологам и другим специалистам в области строительства.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности заключается в соответствии пунктам 1, 6 и 9 паспорта специальности 05.23.07 - Гидротехническое строительство:

1. Разработка теории, методов расчетного обоснования, проектирования и строительства плотин из грунтовых материалов;

6. Развитие теории, методов расчета, проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративных систем и строительных систем природоохранного назначения;

9. Разработка методов оценки влияния гидротехнического строительства на прилегающие территории, создание новых методов расчетов и проектирования сооружений инженерной защиты.

Степень достоверности результатов заключается в:

- применении существующих современных методов и средств исследований;
- подтверждении полученных в диссертации результатов экспериментальных исследований с данными других авторов;

- подтверждении теоретических положений, полученных в диссертации с результатами экспериментальных исследований других авторов;

- рассмотрение и одобрении полученных результатов исследований на республиканских и международных конференциях и научных семинарах.

Личный вклад соискателя состоит в выборе объектов исследований, постановке цели и задач; обосновании и формулировке научных положений; анализе результатов экспериментальных исследований; обосновании результатов теоретических исследований, а также предложении практических рекомендаций; единоличных и в соавторстве публикациях о проведенных исследованиях и результатах работ.

Апробация и применение результатов диссертации. Основные научные положения и результаты исследований по диссертационной работе докладывались на международных и республиканских научных и научно-практических конференциях: Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов (г. Душанбе, 1984); Всесоюзной научно-практической конференции «Современные проблемы нелинейной механики грунтов» (г. Челябинск, 1985); Республиканской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Душанбе, 1987); XVII-й Республиканской научно-практической конференции (секция технических наук)» (г. Душанбе, 1990); III-ем Центрально-Азиатском Международном Геотехническом Симпозиуме «Геотехнические проблемы строительства на просадочных грунтах в сейсмических районах» (г. Душанбе, 2005); Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы архитектуры и градостроительства» (г. Душанбе, 2021); Международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий» (г. Душанбе, 2022); Международной научно-практической конференции «XII Ломоносовские чтения», посвященные 30-

летию установления дипломатических отношений между Республикой Таджикистан и Российской Федерацией» (Душанбе, 2022); Международной научно-практической конференции «Современные достижения и актуальные проблемы в науках о Земле» (г. Душанбе, 2024).

Публикации по теме диссертации. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученных в работе и составляющих содержание диссертационной работы, освещены в 34 научных работах, в т. ч. в 15-и публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 3-х нормативных строительных документах и 2-х авторских свидетельствах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованных литературных источников из 367 наименований и 5-ти приложений. Общий объем диссертации составляет 323 страницы, включая 62 рисунка и 14 таблиц.

Автор выражает искреннюю благодарность и признательность наставникам и научным консультантам: академику Нью-Йоркской Академии наук и академику Академии водохозяйственных наук (АВН) Российской Федерации, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору техн. наук, проф. Гер-Мартиросяну З. Г. (МГСУ, РФ), открывшему автору путь в мир науки и с которым автора связывала многолетняя совместная работа, доктору техн. наук, проф. Демину И. И. (МГСУ, РФ) и Заслуженному работнику Таджикистана, академику Инженерной академии Республики Таджикистан, доктору техн. наук, проф. Комилову О. К. (Таджикский национальный университет (ТНУ) за ценные советы, помощь и внимание при выполнении данной диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, степень научной разработанности изучаемой проблемы, изложена общая характеристика работы, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, освещен личный вклад автора, изложены основные защищаемые положения, приведена структура работы, сведения по ее апробации и реализации результатов, приведены сведения о публикации, краткое содержание диссертации.

В первой главе «*Современное состояние исследований деформируемости и проницаемости слабых водонасыщенных глинистых грунтов*» представлен обзор современного состояния исследований деформируемости и проницаемости слабых водонасыщенных глинистых грунтов. Отмечено, что в развитие теорий консолидаций водонасыщенных глинистых грунтов значительный вклад внесли труды Герсеванова Н.М., Зарецкого Ю.К., Ксенофонтова А.И., Маслова Н.Н., Польшина Д.Е., Тан-Тьенг-Ки, Тейлора Д., Терцаги К., Тер-Мартиросяна З.Г., Флорина В.А., Цытовича

Н.А., Шукле Л. и др. Ряд задач консолидации водонасыщенных глинистых грунтов были решены Абелевым М.Ю., Гольдиным А.Л., Гореликом Л.В., Далматовым Б.И., Короткиным В.Г., Малышевым М.В., Соболевским Ю.А., Строгановым А.С., Ширинкуловым Т. и др. Вопросам экспериментальной проверки теорий консолидации для слабых водонасыщенных глинистых грунтов посвящены работы Амаряна Л.С., Арипова Н.Ф., Абелева М.Ю., Зарецкого Ю.К., Миронова В.А., Польшина Д.Е., Сотникова С.Н., Тер-Мартirosяна З.Г. и др. исследователей. Отмечено, что исследованиям реологических свойств слабых водонасыщенных глинистых грунтов посвящены труды Будина А.Я., Вялова С.С., Гольдштейна М.Н., Горьковой И.М., Зарецкого Ю.К., Карауловой З.М., Маслова Н.Н., Месчяна С.Р., Тер-Степаняна Г.И., Цытовича Н.А. и др. ученых.

В работе проведен анализ применимости теорий консолидации, включая теории, учитывающие реологические свойства слабых водонасыщенных глинистых грунтов и проанализированы теоретические исследования напряженного состояния грунтов природного сложения. На основании приведенного обзора существующих теорий консолидации отмечается, что в настоящее время, не имеется обобщающих работ, учитывающих закономерности уплотнения слабых водонасыщенных глинистых грунтов в исходном (природном) напряженно-деформируемом состоянии. Опубликованные труды, рассматривающие вопросы уплотнения этих грунтов с общетеоретических позиций (Денисов Н.Я., Ломтадзе В.Д., Луга А.А. и др.), а также с точки зрения конкретных вопросов их использования в качестве оснований зданий и сооружений (Сорокина Г.В., Польшин Д.Е., Ребиндер П.А., Роза А.С. и др.), объясняя физическую сторону этого процесса, в недостаточной степени оценивают количественную и качественную стороны деформирования во времени. Это требует дополнительных исследований по совершенствованию методов расчета осадок при комплексном учете закономерностей деформирования данных грунтов, а также их параметров в условиях естественного формирования, т.е. в исходном (природном) напряженно-деформируемом состоянии.

В вопросах исследования строительных свойств слабых водонасыщенных грунтов, а также разработке теории и практики строительства зданий и сооружений на слабых водонасыщенных грунтах, существенный вклад внесли ученые: Абелев Ю.М., Абелев М.Ю., Амарян Л.С., Ананьев В.Н., Бровко И.С., Булычев В.Г., Гильман Я.Д., Гольдштейн М.Н., Горбунов Б.П., Горькова И.М., Далматов Б.И., Денисов Н.Я., Дранников А.М., Крутов В.И., Комилов О.К., Коновалов П.А., Ларионов А.К., Ломизе Г.М., Ломтадзе В.Д., Мавлянов Г.А., Маслов Н.Н., Мусаэлян А.А., Осипов В.И., Павилонский Н.Н., Польшин Д.Е., Расулов Х.З., Рубинштейн А.Л., Саттаров М.А., Савватеев С.С., Соколов В.Н., Тахиров И.Г., Тер-Мартirosян З.Г., Тугаенко Ю.Ф., Усманов Р.А., Финаев И.В., Хасанов А.З., Цытович Н.А. и многие другие. Существенный вклад в исследовании данного вопроса внесен зарубежными учеными: Терцаги К., Пек

Р., Тейлор Д., Харр М., Бьюсман К., Казагранде Д., Лэмб Т., Шукле Л. и др.

О важности рассматриваемых вопросов для Республики Таджикистан говорит приводимая д.т.н. Фазыловым А.Р. оценка объемов гидротехнического строительства, отмечающая, что «...в Таджикистане ранее возведены, возводятся и эксплуатируются 11 крупных гидроузлов (в т.ч. Рогунский, Нурекский, Гидроузел «Сангтуда», Байпазинский, Каттасойский, Даганасойский, Головной, Муминабадский, Кайракумский, Гидроузел «Сангтуда -2), а также каналы (Вахшский, Гиссарский, Дилварзинский, Чубекский, Канал Дехканабад и др.), головные водозаборные сооружения на реках (Вахш, Пяндж, Исфара и др.), гидротехнические каналы (из водохранилища Байпазинской ГЭС, Нурекской ГЭС и в Яванском районе), а также дюкеры (Шурабадский, Лакайсойский, Ишмасойский и др.)...». Все указанные гидротехнические сооружения, возведенные для выработки дешевой электроэнергии, одновременно являются источниками орошения ранее неосвоенных земель и, как следствие, причиной обводнения обширных территорий и поднятия уровня грунтовых вод.

В Республике Таджикистан исследованиями свойств макропористых лессовых грунтов, а также вопросами строительства на таких грунтах и обводняемых территориях, посвящены труды Ахмедова Д.Д., Абдуллаева А.У., Вильфанда А.Г., Комилова О.К., Лаврусевич С.И., Мусаэляна А.А., Орипова Г.О., Рузиева А.Р., Сальникова Л.Ф., Тахирова И.Г., Усманова Р.А. и др. исследователей.

В работе приводится краткий обзор работ по теоретическому исследованию моделей глинистых грунтов, объясняющих работу оснований при действии внешних нагрузок. Они нашли свое отражение в трудах Терцаги К., Герсеванова Н.М., Цытовича Н.А., Егорова К.Е., Малышева М.В., Маслова Н.Н., Флорина В.А., Тер-Мартиросяна З.Г., Клейна Г.К., Зарецкого Ю.К., Вялова С.С. и др. исследователей.

Во второй главе «Объекты и методы исследований слабых водонасыщенных глинистых грунтов» приведены физические показатели исследованных грунтов, особенности конструкций приборов и оборудования, использовавшихся при выполнении исследований, а также методика проведения экспериментальных работ.

В диссертационной работе рассматриваются слабые водонасыщенные глинистые грунты, представленные слабыми водонасыщенными илистыми (г. Очаков, Украина) и водонасыщенными лессовыми грунтами Дангаринского района (Хатлонская область, Республика Таджикистан).

Обводненные лессовые грунты данного района характеризуются повышающимся уровнем грунтовых вод, сезонно выходящим на низинных участках на дневную поверхность. Согласно Мелиоративного кадастра РТ «...повышение уровня технического водообеспечения и состояния орошаемых мелиоративных земель Республики Таджикистан по состоянию на 01.01.2014 г.», в г. Дангаре «уровень грунтовых вод, опасно залегающий от поверхности земли

составляет территорию, равную 240 гектарам».

В диссертационной работе исследовались слабые водонасыщенные глинистые грунты, включая грунты верхних горизонтов илистых оснований, отбор которых существующими устройствами для отбора грунтов является достаточно проблемным.

Для решения вопроса отбора илистых грунтов мягкопластичной и пластичной консистенций, автором, совместно с доктором техн. наук, проф. Тер-Мартirosяном З.Г. (МГСУ, РФ) и канд. техн. наук Погосяном Р.Г. (МГСУ, РФ) была разработана, изготовлена и внедрена конструкция грунтоотборника принципиально новой конструкции (авт. свид. СССР № 1488715 (51) Е 02 Д1/00) (рисунок 1).

Общий вид грунтоотборника для отбора слабых водонасыщенных глинистых грунтов в разобранном и собранном виде приведен на рис.2.

После отбора образцов слабых водонасыщенных глинистых грунтов проводились экспериментальные исследования с использованием компрессионных приборов конструкции д.т.н., проф. Месчяна С.Р. с площадью колец $A = 40 \text{ см}^2$, компрессионных приборов с площадью колец $A = 100 \text{ см}^2$, разработанных в комплекте к грунтоотборнику, а также и приборы трехосного сжатия радиального типа (тип Б), позволяющие определять деформационные и фильтрационные параметры грунтов при различных внешних нагрузках

Величины избыточного порового давления, возникающих в образцах исследуемых водонасыщенных глинистых грунтов, определялась посредством датчиков порового давления компенсационного и аэрогидростатического (капиллярного) типа.

В третьей главе «Результаты исследований слабых водонасыщенных глинистых грунтов» приводятся результаты лабораторных исследований, сжимаемости и проницаемости слабых водонасыщенных глинистых грунтов при действии внешних нагрузок, время стабилизация деформаций, значения деформационных, фильтрационных и реологических параметров и характер рассеивания порового давления во времени.

Результаты исследований выявили, что для слабых водонасыщенных илистых грунтов характерны достаточно большие значения относительных деформаций даже при незначительных первоначально прилагаемых ступенях нагрузок. Подтверждается это результатами испытаний образцов грунта с глубины 2,40 – 2,70 м (скважина № 941) при различных ступенях загрузки, приведенными на рис.3.

При сжимающей нагрузке $\sigma = 0,02 \text{ МПа}$, величина относительной деформации образца составила $\varepsilon = S/H_0 = 0,41$ (41%) от первоначальной высоты, что говорит о существенной сжимаемости грунтов.

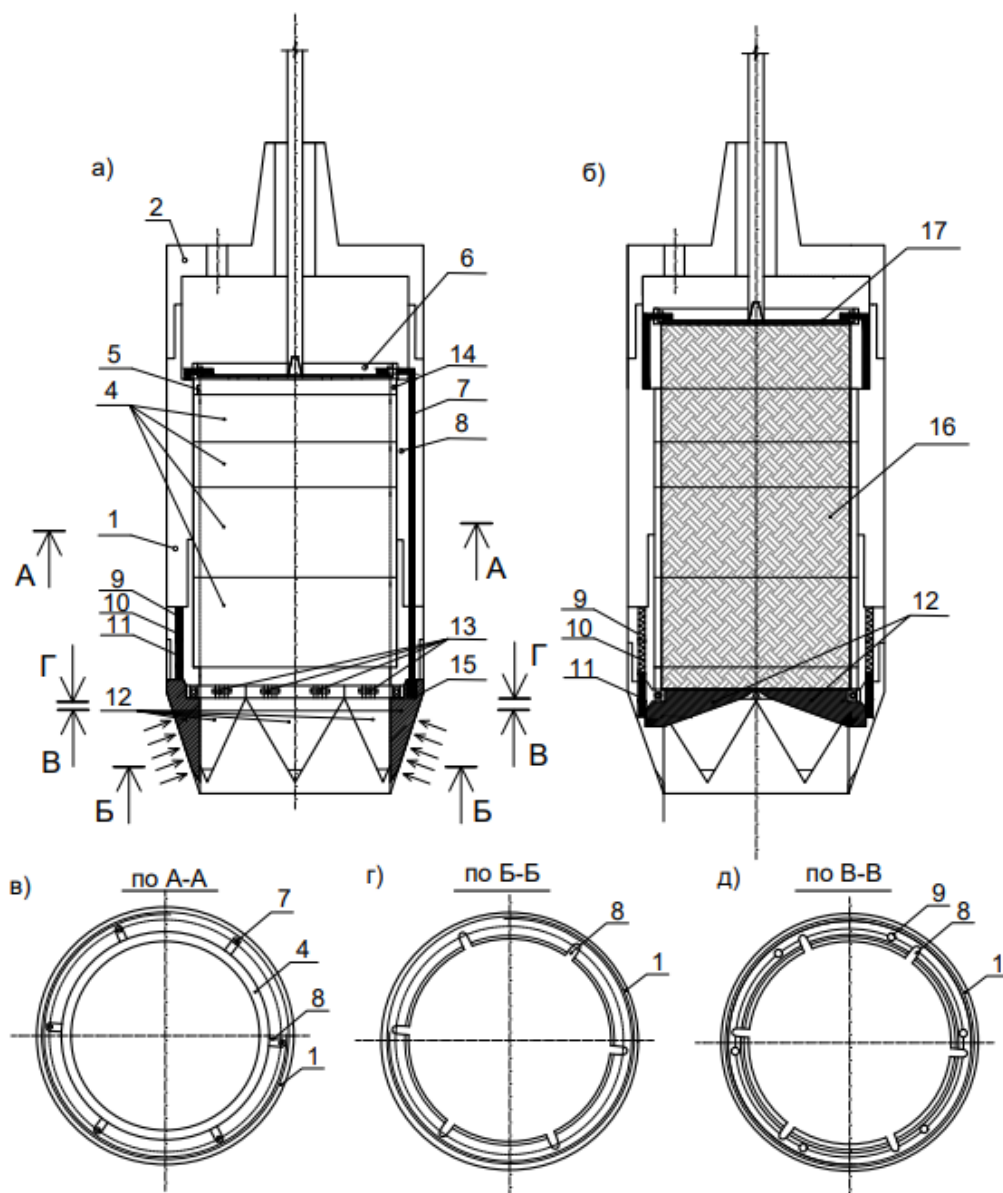


Рисунок 1. Разрезы и сечения устройства для отбора слабых водонасыщенных глинистых грунтов (авт. свид. СССР № 1488715 (51) Е 02 Д1/00): а) – разрез устройства в собранном виде; б) – разрез устройства после отбора пробы грунта: 1 - корпус; 2 – крышка; 3 – заостренный наконечник; 4 – грунтовые кольца; 5 – кольцевые датчики; 6 – диск для направляющих стержней; 7 – направляющие стержни; 8 – вертикальные каналы в корпусе; 9 – каналы для установки пружин; 10 – пружины; 11 – штоки; 12 – жесткие подвижные сектора; 13 – шарниры; 14 – стопорное кольцо с резьбой; 15 – углубления для направляющих стержней; 16 – образец грунта; 17 – резиновое кольцо.

а)



б)



Рисунок 2. Конструкция грунтоотборника: а) - в разобранном виде, б) - в собранном виде с закрытой грунтоприемной камерой

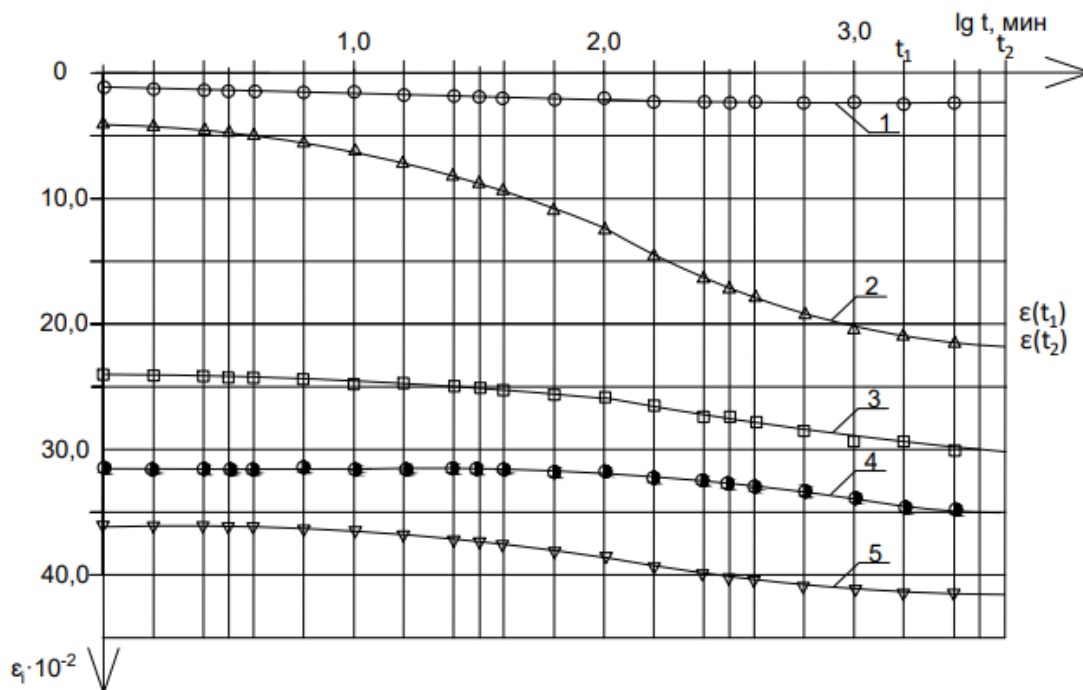


Рисунок 3. Зависимость относительной деформации (ϵ) от логарифма времени ($lg t$, мин.) образца илистого грунта с отм. 2,40 ÷ 2,70 м (скважина № 941): 1 - $\sigma = 0,01$ МПа; 2 - $\sigma = 0,03$ МПа; 3 - $\sigma = 0,06$ МПа; 4 - $\sigma = 0,10$ МПа; 5 - $\sigma = 0,20$ МПа;

Компрессионные кривые других исследованных образцов, отобранных с различных глубин по скважине № 941, представлены на рисунке 4.

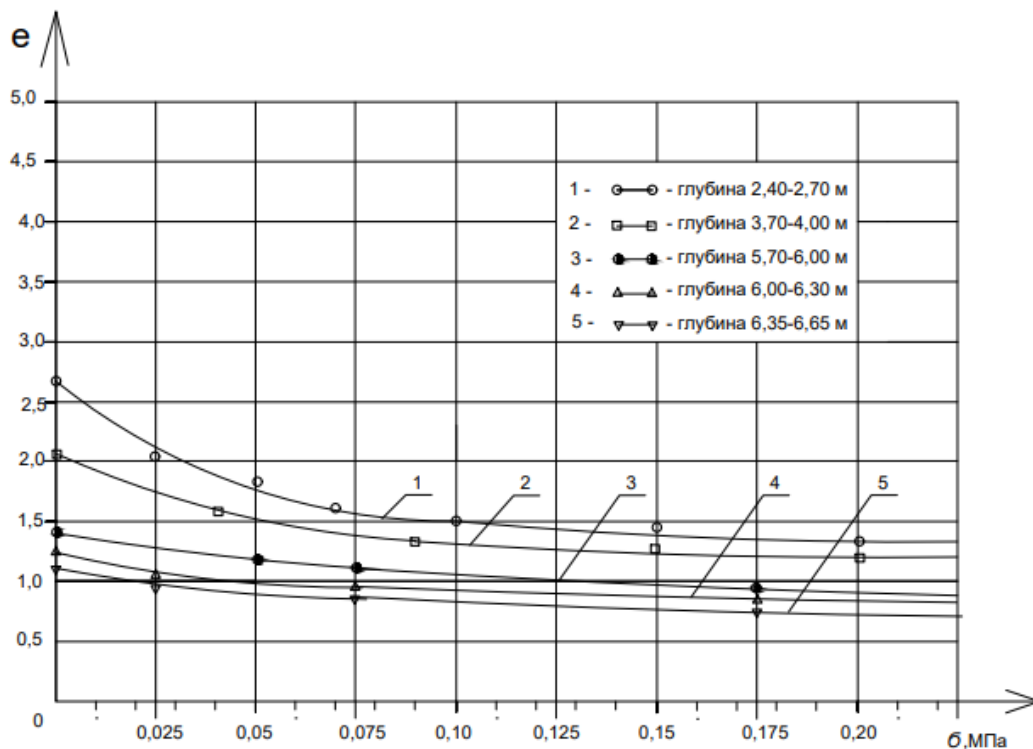


Рисунок 4. Компрессионные кривые исследованных грунтов по скважине № 941

При исследовании водонасыщенных глинистых грунтов наблюдалось характерное уменьшение деформируемости грунтов по глубине массива, что являлось проявлением уплотненности грунтов под действием сил гравитации в исходном (природном) напряженно-деформируемом состоянии.

Полученные данные исследований подтверждали необходимость учета исходного напряженно-деформированного состояния грунтов при расчете деформаций гидротехнических и других инженерных сооружений, возводимых на данных грунтах.

Характерные графики изменения коэффициента порового давления (β_0) и относительной деформации ($\varepsilon = S/H_0$) образцов от логарифма времени исследований (lgt , мин) представлены на рисунке 5.

В процессе исследований выявлено, что значения коэффициента порового давления зависят от степени влажности образца грунта.

Так, при степени влажности $S_r = 0,98$, значения начального коэффициента порового давления были равно $\beta_0 = 0,96$, а при $S_r = 0,93$ значения начального коэффициента порового давления равнялось $\beta_0 = 0,79$.

Наряду с водонасыщенными илистыми грунтами в диссертационной работе рассматривались обводненные лессовые грунты на территории Хатлонской области (г. Дангара, Республика Таджикистан).

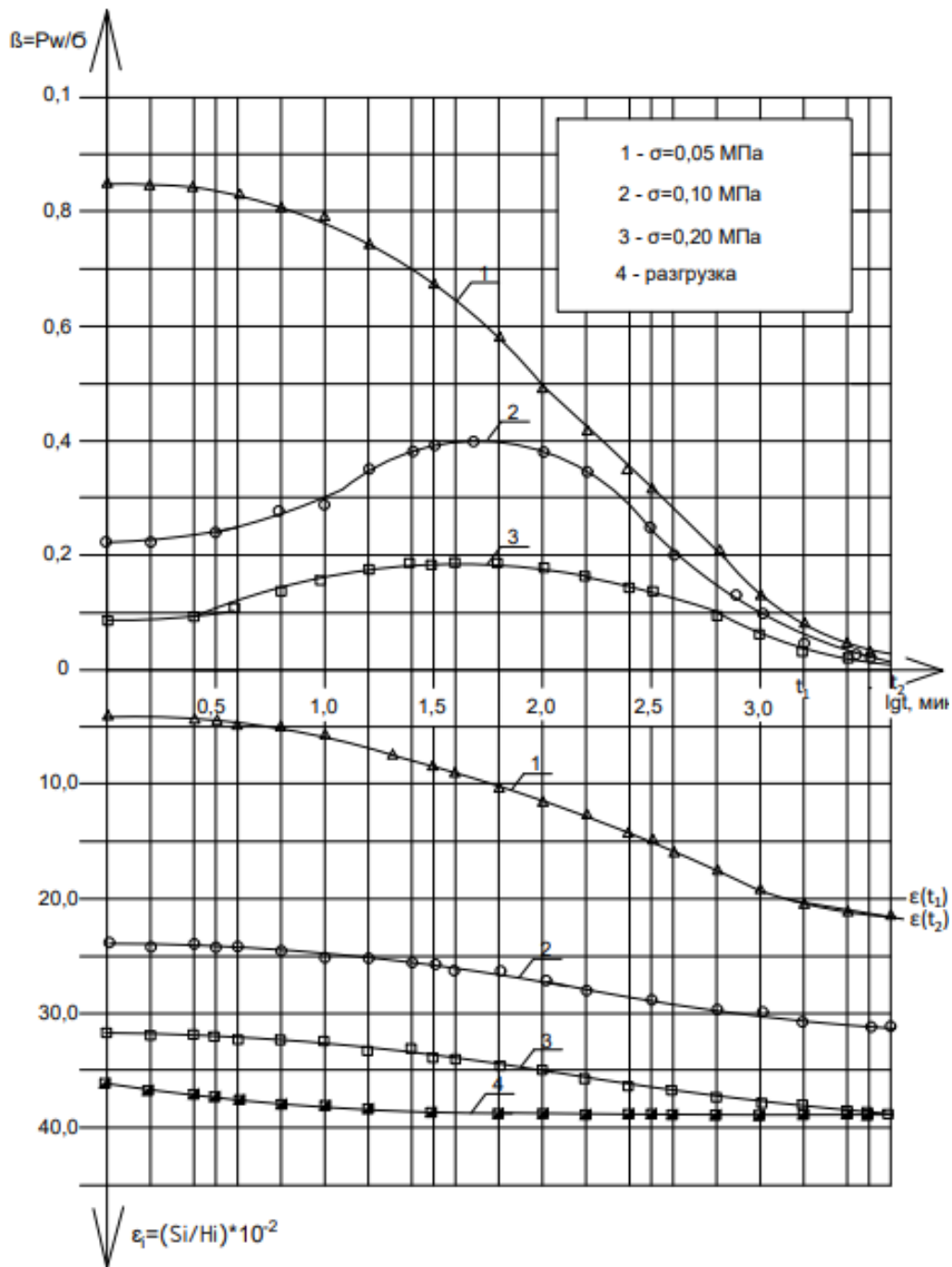


Рисунок 5. Изменение коэффициента порового давления (β) и относительной деформации (ϵ) во времени ($lg t$, мин) грунта высотой $H=40$ см, с глубины 4,75 – 5,05 м (скважина № 1481) с последующей разгрузкой образца (кривая 4)

Данный район относится к обводняемой территории и характеризуется переменным уровнем грунтовых вод. Характерные графики изменений коэффициентов пористости (e) и степени влажности (S_r) по глубине (z) массива водонасыщенных лессовых грунтов представлены на рисунке 6.

Изменения коэффициентов пористости образцов водонасыщенных лессовых грунтов по глубине массива (по аналогии с водонасыщенными

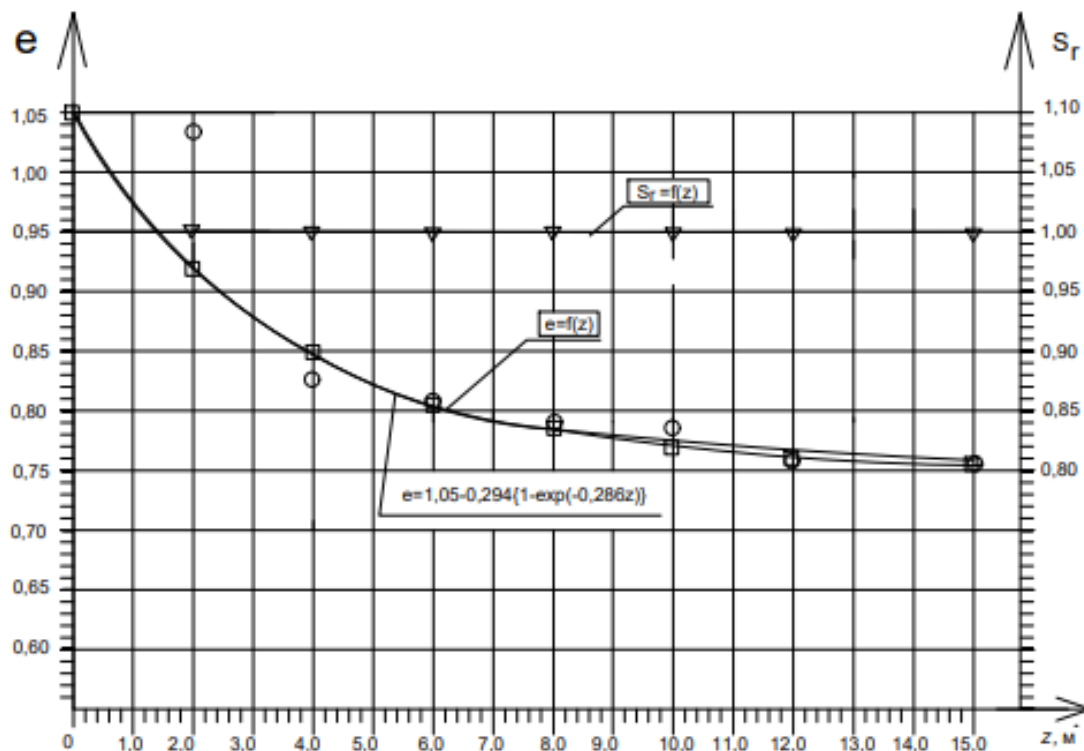


Рисунок 6. Графики изменения коэффициента пористости (e) и степени влажности (S_r) по глубине (z) массива водонасыщенных лессовых грунтов (Хатлонская область, Республика Таджикистан)

илистыми грунтами) успешно аппроксимируются экспоненциальной зависимостью вида:

$$e = e_0 - b\{1 - \exp(-az)\} \quad (1)$$

где e - текущее значение коэффициента пористости;
 e_0 - начальное значение коэффициента пористости;
 a, b - коэффициенты, причем a (м^{-1}).

Значения параметров e_0, a и b , входящих в зависимость (1) определяются методом наименьших квадратов отклонений.

В четвертой главе «Теоретические основы нелинейной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом исходного напряженно-деформированного состояния» рассмотрены основы консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов при учете нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и исходного напряженно-деформированного состояния.

В диссертации получено решение задачи определения объемной

деформации разуплотнения (Δe) при отборе из массива (снятии природной нагрузки) слабых водонасыщенных глинистых грунтов в виде зависимости:

$$\Delta e = \frac{-e^{II}(1+e^{II})\Delta\sigma}{\{(n^{II}/\alpha_z)+(1/\alpha_w)+(1+2e^{II})\Delta\sigma\}} \quad (2)$$

где e^{II}, n^{II} – значения коэффициента пористости и пористости образца грунта на поверхности земли;

$\Delta\sigma$ – изменение общих напряжений, действующих на образец при отборе;

$\alpha_z = \left(\frac{1-2\nu}{E_{el}}\right) / \Delta\sigma_z$ – коэффициент объемного расширения твердых минеральных частиц (скелета) грунта,

где $\nu = 0,42$ – коэффициент Пуассона;

E_{el} – модуль упругости при декомпрессии (разгрузке) грунта;

$\Delta\sigma_z$ – изменение эффективных напряжений при перемещении грунта на дневную поверхность.

$$\alpha_w = \frac{1}{\Delta\sigma_w} \left(1 - \frac{S_r^{II}}{S_r^I}\right) \quad - \text{коэффициент объемного расширения поровой}$$

жидкости;

$\Delta\sigma_w$ – приращение нейтрального давления при перемещении образца из глубины отбора на дневную поверхность;

S_r^I, S_r^{II} – соответственно величины степени влажности образца на глубине отбора и поверхности земли;

В работе рассмотрены случаи отбора образцов водонасыщенных глинистых грунтов при различных инженерно-геологических условиях:

1) - массив илистого грунта, залегающего под слоем воды;

2) - массив водонасыщенного лессового грунта;

3) – подтопляемый массив лессовых грунтов с переменным уровнем грунтовых вод.

Для рассмотренных случаев приведены изменения значений напряжений (общих, эффективных и нейтральных) при отборе грунтов. Уменьшение сжимающих действующих нагрузок (собственного веса грунтов) при подъеме на дневную поверхность вызывают увеличение радиусов пузырьков заземленного газа в порах грунта. Приведена методика определения значений радиусов пузырьков заземленного газа на дневной поверхности (r^{II}) и на глубине отбора грунта (r^I).

В работе показано, что высота капиллярного поднятия поровой жидкости ($h_{\text{кап}}$) в массиве водонасыщенных глинистых грунтов зависит от размеров пузырьков заземленного газа в порах грунта. На основе формулы Борелли – Жюрена предложен метод определения высоты капиллярного поднятия поровой

жидкости ($h_{\text{кап}}$) в водонасыщенном массиве при изменяющемся уровне грунтовых вод (УГВ).

На основе изотермического закона Бойля-Мариотта и закона растворимости газов (закон Генри) решена задача изменения степени влажности грунтов (S_r^I) по глубине массива, которая зависит от его значения на дневной поверхности (S_r^{II}).

Определяемые согласно (2) изменения коэффициента пористости при отборе (снятии природной нагрузки) и их значения на дневной поверхности позволяют установить фактические значения коэффициентов пористости грунтов по глубине массива. При этом величины природного давления для водонасыщенных глинистых грунтов по глубине массива будут изменяться по зависимости

$$\sigma_z = D_0 \ln[B_0 + C_0 \exp(az)] + 2T \left(\frac{1}{r^I} - \frac{1}{r_0^I} \right) \quad (3)$$

где f_0 - коэффициент размерностей ($1 \text{ кН/м}^3 = 10^{-3} \text{ МПа/м}$),

$$B_0 = b / (1 + e_0) \quad (4)$$

$$C_0 = [1 - b / (1 + e_0)] \quad (5)$$

$$D_0 = (\gamma_s - \gamma_w) / f_0 a (1 + e_0 - b) \quad (6)$$

Совместное решение (1) и (3) приводит к зависимости:

$$e = e_0 - b \left\{ 1 - \frac{C_0}{\left[\exp\left(\frac{\sigma_z^I}{D_0}\right) - B_0 \right]} \right\} \quad (7)$$

где
$$\sigma_z^I = \sigma_z - 2T \left(\frac{1}{r^I} - \frac{1}{r_0^I} \right) \quad (8)$$

а r_0^I – значение радиусов пузырьков газа на поверхности.

Зависимость (7) является зависимостью изменения коэффициентов пористости (e) по глубине массива под действием собственного веса вышележащих слоев грунта (σ_z^I). Графики природной компрессии, построенные, согласно зависимости (7), позволят установить деформационные показатели слабых водонасыщенных грунтов в массиве и могут использоваться в расчетах осадок возводимых гидротехнических и других инженерных сооружений.

В диссертационной работе в качестве постулата принята аналогия процессов уплотнения слабых водонасыщенных глинистых грунтов в массиве в исходном напряженно-деформируемом состоянии и в условиях

компрессионного сжатия, т.е. когда:

- 1) – в массиве на глубине z на грунт действует давление от вышележащих слоев грунта (σ_{zg}) равные приложенной нагрузке к образцам, т.е. при $\sigma_{zg} = \sigma$;
- 2) - образцы в компрессионном приборе находятся под нагрузкой (σ), равной природной нагрузке (σ_{zg}), т.е. при $\sigma = \sigma_{zg}$.

При совместном рассмотрении графиков природной компрессии и результатов компрессионных испытаний при завершении фильтрационной консолидации (по Казагранде) могут наблюдаться 2 варианта:

- 1) – кривая природной компрессии в массиве в исходном напряженно-деформированном состоянии будет проходить ниже экспериментальной компрессионной кривой, т.е. график компрессии грунтов в природном состоянии будет в более уплотненном состоянии (рисунок 7).

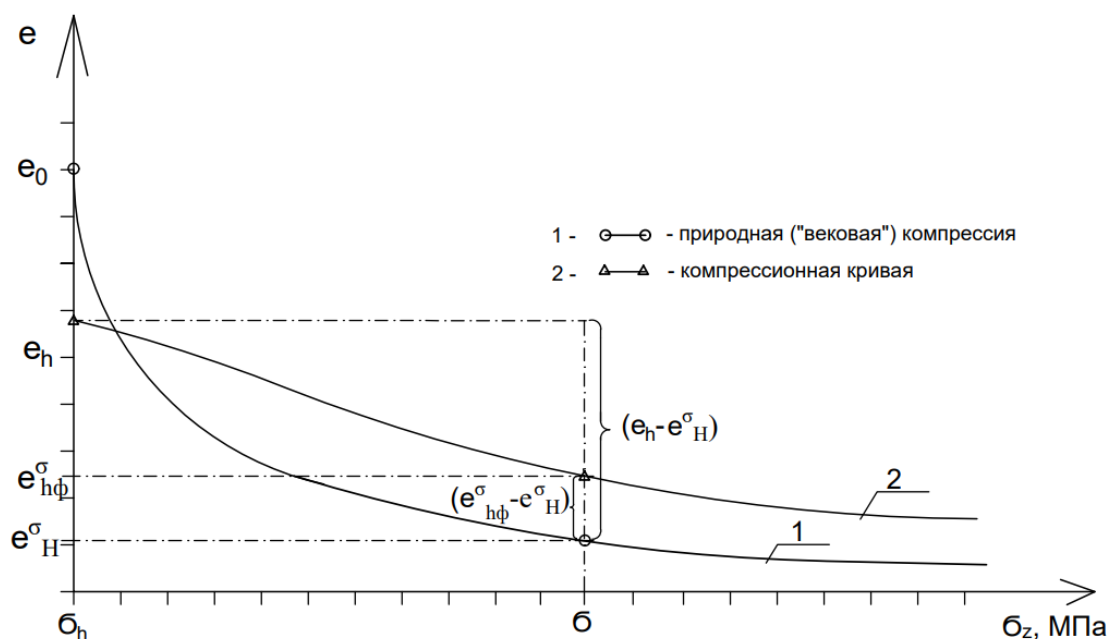


Рисунок 7. Определение прогнозируемой деформации ползучести грунтов при действии внешней нагрузки: 1 - график исходной (природной) компрессии в массиве, 2 – экспериментальные данные

Для оценки графиков введем понятие «показателя доуплотнения» (η) грунта в природном состоянии, который будет равен

$$\eta = \frac{(e_{h\phi}^{\sigma} - e_H^{\sigma})}{(e_h - e_H^{\sigma})} \quad (9)$$

где e_h - начальный коэффициент пористости образца грунта с глубины h и испытанного в компрессионном приборе;

$e_{h\phi}^{\sigma}$ - коэффициент пористости образца в компрессионном приборе при завершённой фильтрационной консолидации от приложенной нагрузки σ (по Казагранде);

e_H^{σ} - коэффициент пористости в исходном напряженно-деформированном состоянии от собственного веса вышележащих слоев, равного $\sigma = \sigma_{zg}$.

Значения «меры доуплотнения» η может меняться в пределах

$$0 \leq \eta \leq 1 \quad (10)$$

2) - кривая природной компрессии грунтов в массиве в исходном напряженно-деформированном состоянии будет проходить над экспериментальной компрессионной кривой, т.е. в условиях 100% фильтрационной консолидации, грунт в природном состоянии, будет в менее уплотненном состоянии (рисунок 8).

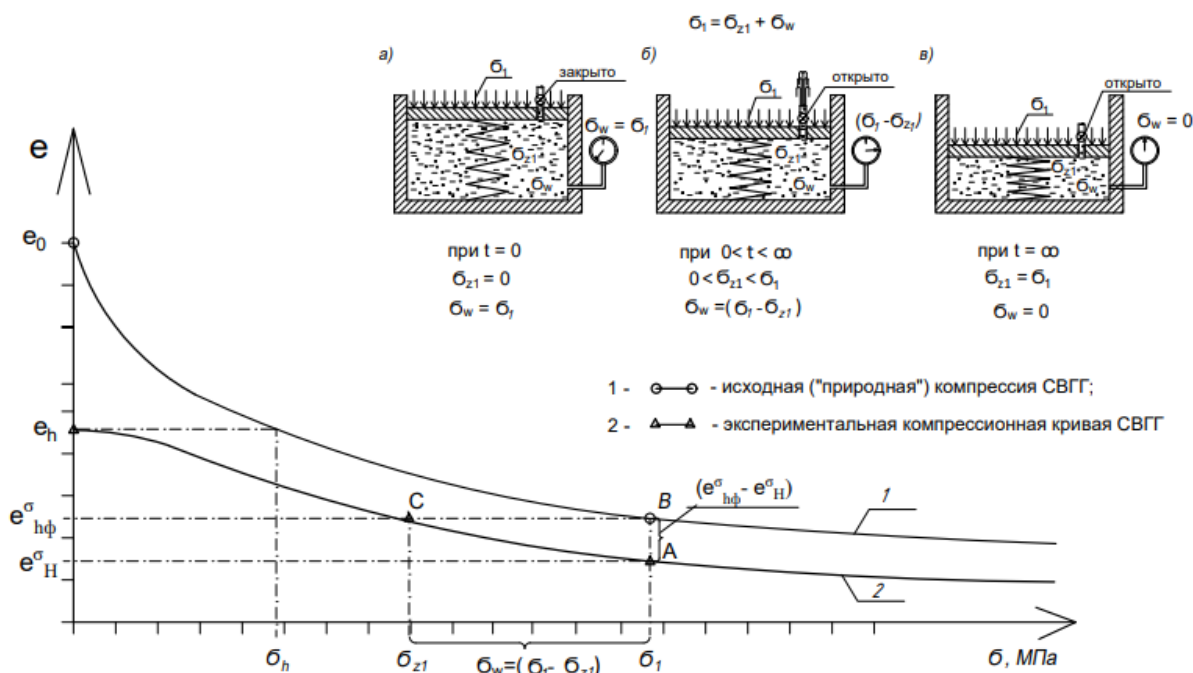


Рисунок 8. Определение природной «недоуплотненности» массива водонасыщенных глинистых грунтов: 1 – кривая исходной (природной) компрессии; 2 – экспериментальные данные

Второй случай будет характеризоваться природной «недоуплотненностью» массива слабых водонасыщенных грунтов в исходном напряженно-деформируемом состоянии. Природная недоуплотненность грунта, равная $(e_{h\phi}^{\sigma} - e_H^{\sigma})$, будет обусловлена наличием избыточного порового давления, равного

$$\sigma_{w1} = (\sigma_1 - \sigma_{z1}),$$

где σ_1 - величина сжимающей нагрузки от вышележащих слоев грунта.

Это можно объяснить отсутствием путей свободной фильтрации поровой жидкости и образования в массиве условий «закрытой системы», не позволяющей полной передаче нагрузки от вышележащих слоев на «скелет» грунта.

На величины конечных осадок сооружений, возводимых на слабых водонасыщенных глинистых (илистых) грунтах, может влиять наличие органических включений (например, ракушек), а также залегание по глубине массива различных, отличающихся друг от друга слоев грунта. Для решения данных вопросов, в диссертации приводится методика учета органических остатков посредством коэффициента неоднородности (χ_M), а при наличии отличающихся слоев грунта по глубине массива – посредством средневзвешенного модуля общей деформации грунтов (E_0^{np}).

В работе получена зависимость для расчета осадки основания («осадочной мульды») земляной насыпной плотины, возводимой на слабом водонасыщенном илистом основании.

В пятой главе «Численное решение задачи консолидации водонасыщенного глинистого грунта с учетом нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и исходного напряженно-деформированного состояния» приводится численное решение задачи нелинейной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом вышеуказанных факторов.

В данной постановке задача консолидации сводилась к решению дифференциального уравнения, учитывающего сжимаемость газосодержащей поровой жидкости, нелинейную деформируемость и переменную проницаемость, и имеющего вид:

$$\frac{\partial e}{\partial t} + a_w e \frac{\partial P_w}{\partial t} = \frac{(1+e)f_0}{\gamma_w} \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial P_w}{\partial z} \right) \quad (11)$$

где a_w – сжимаемость газосодержащей поровой жидкости, равная

$$a_w = \frac{1 - S_r(1 - \mu)}{P_{ат}} \quad (12)$$

$f_0 = 1000$ - коэффициент размерностей, $1 \text{ кН/м}^3 = \frac{1}{f_0} \text{ МПа/м}$

Значения коэффициента пористости (e) при компрессии слабых водонасыщенных глинистых грунтов аппроксимировались зависимостью вида

$$e = e_0 - b\{1 - \exp[-a_1(\sigma - P_w)]\} \quad (13)$$

Значения коэффициента фильтрации при этом описывались уравнением вида

$$k = k_0 \psi^n \quad (14)$$

где $\psi = \exp[-a_1(\sigma - P_w)]$ (15)

тогда $e = e_0 - b(1 - \psi)$ (16)

После внесения обозначений и некоторых преобразований получалось уравнение фильтрационной консолидации в виде

$$\left[\frac{a_w B + (a_1 + a_w) \psi}{a_1 \psi (A + \psi)} \right] \frac{\partial \psi}{\partial t} = C_V^{(0)} \frac{\partial}{\partial z} \left[\psi^{n-1} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right] \quad (17)$$

где $A = (1 + e_0 - b)/b$; $B = (e_0 - b)/b$ и ; $C_0 = k_0 f_0 / \gamma_w a_1$ (18)

Зависимость (17) представляет собой дифференциальное уравнение фильтрационной консолидации с учетом сжимаемости газосодержащей поровой жидкости, нелинейной деформируемости и переменной проницаемости.

Полученное дифференциальное уравнение для случая двухстороннего дренажа поровой жидкости решалось при начальных и граничных условиях:

$$t = 0; \quad \psi = \exp[-a_1 \sigma (1 - \beta_0)] = \psi_0 \quad (19)$$

$$\left. \begin{array}{l} z = 0 \\ z = h \end{array} \right\}; \quad \psi = \exp(-a_1 \sigma) = \psi_2 \quad (20)$$

Для решения уравнения (17) использовался прием перехода от нелинейного уравнения к квазилинейному путем применения интегральных подстановок:

$$H(\psi) = \int_{\psi_{min}}^{\psi} \frac{a_w B + (a_1 + a_w) \psi}{C_V^{(0)} a_1 \psi (A + \psi)} d\psi \quad (21)$$

$$\Phi(\psi) = \int_{\psi_{min}}^{\psi} \psi^{n-1} d\psi = \frac{1}{n} (\psi^n - \psi_{min}^n)$$

где ψ_{min} - минимальное значение функции в интервале изменения (при $P_w = 0$, $\psi_{min} = \psi_2 = \exp(-a_1 \sigma)$).

С учетом этих подстановок уравнение (17) преобразовывалось к виду:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \quad (22)$$

Функции $H(\psi)$ и $\Phi(\psi)$ при этом зависят от величины порового давления.

Полученное уравнение справедливо для всей исследуемой области, и вся нелинейность входила в выражения для $H(\psi)$ и $\Phi(\psi)$, поэтому функции, стоящие под знаком интеграла, могли быть произвольными.

Преобразование уравнения (17) вызывали необходимость соответственного изменения начальных и граничных условий, которые определялись интегрированием функций (21).

Начальные и граничные условия при этом принимали вид:

$$t = 0; H(z, 0) = \frac{1}{C_v^{(0)}} \ln \left\{ \left(\frac{A + \psi_1}{A + \psi_{min}} \right)^{(1 + a_w/a_1)} \left[\left(\frac{A + \psi_{min}}{A + \psi_1} \right) \frac{\psi_1}{\psi_{min}} \right]^{(a_w B/a_1 A)} \right\}$$

$$\Phi(z, 0) = \frac{1}{n} (\psi^n - \psi_{min}^n) \quad (23)$$

$$\left. \begin{array}{l} z = 0 \\ z = h \end{array} \right]; \quad H(z, t) = 0; \quad \Phi(z, t) = 0 \quad (24)$$

При численном решении задачи определялись значения порового давления $P_w(z, t)$ и степени консолидации $U(t)$ в расчетные моменты времени.

В классической теории фильтрационной консолидации степень уплотнения ($U(t)$) определяется как отношение текущей осадки $U(t)$ к ее конечному значению $S_{фк}^{(0)}$.

Результаты исследований показали, что для слабых водонасыщенных грунтов характерна большая сжимаемость и величина относительной деформации (ϵ) при действии внешней нагрузки: например, при $\sigma = 0,2$ Мпа, значение относительной деформации достигает значений $\epsilon = 0,4 \div 0,45$.

Ввиду большой сжимаемости в слабых водонасыщенных грунтах наблюдаются значительные изменения первоначальной высоты массива, т.е. его геометрические размерч. Это, при оттоке свободной поровой жидкости и осадке массива, будет способствовать значительному уменьшению ее путей фильтрации.

В целях определения влияния изменения путей фильтрации поровой жидкости в целом на в процесс фильтрационной консолидации, автором разработана и предложена методика пошагового расчета, учитывающая одновременные изменения первоначальной высоты массива, и основных параметров деформируемого грунта в процессе фильтрационной консолидации (рисунок 9).

Особенность разработанного пошагового метода расчета заключалась в том, что весь период фильтрационной консолидации $0 \leq t \leq t_{фк}$ разбивается на M временных интервалов (периодов), каждый из которых соответствует этапу уменьшения высоты массива и содержал N шагов по времени.

В пределах каждого временного интервала $t_{i-1} \leq t \leq t_i$ высота слоя h_i принимается постоянной. Тогда расчет заключается в том, что в конце $(i - 1)$ -

го этапа, т.е. при $t = t_{i-1}$ определяется степень консолидации $U(t_{i-1})$ и максимальное поровое давление $P_w^{(i-1)} \Big|_{z=\frac{h}{2}}$, равное давлению недоуплотнения $(\sigma - \sigma_{z(min)}^{(i-1)})$.

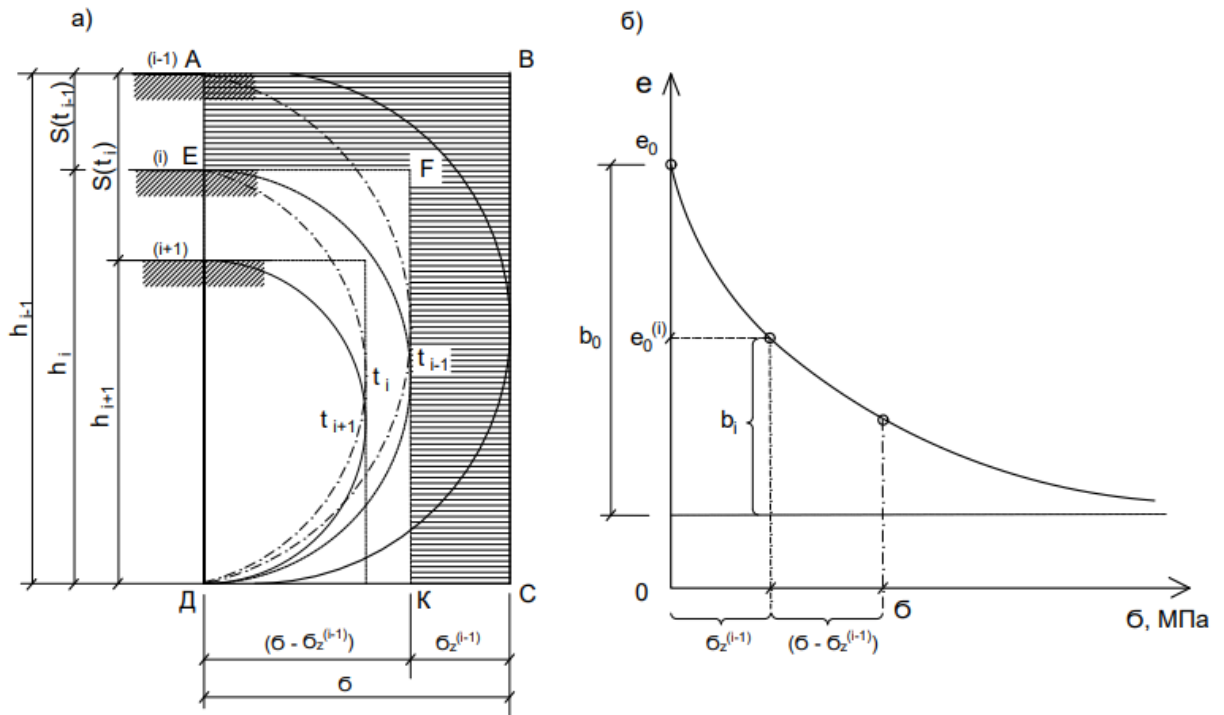


Рисунок 9. Расчетная схема к расчету фильтрационной консолидации грунта (оттока поровой жидкости) при уменьшающейся высоте массива

Далее, по формуле для определения степени консолидации

$$U(t) = \frac{S(t)}{S_{\text{фк}}^{(0)}} \quad (25)$$

определяется величина осадки $S(t_{i-1})$, соответствующая $(i - 1)$ -му этапу и эффективным напряжениям $\sigma_z^{(i-1)}$.

С учетом происшедшей осадки $S(t_{i-1})$ и напряжений $\sigma_z^{(i-1)}$ формировался новый массив с высотой h_i , соответствующий следующему этапу, в котором действуют новые расчетные характеристики и начальное напряжение $\sigma_z^{(i)}$.

Рассмотрим порядок коррекции начальных условий на i – том этапе. Пусть после завершения $(i - 1)$ -го этапа получена величина осадки $S(t_{i-1})$ (см. рисунок 9 а). При этом величина минимальных эффективных напряжений, воспринимаемых скелетом грунта в середине массива, будет равна $\sigma_z^{(i-1)}$.

Степень уплотнения $U(t_{i-1})$ будет характеризоваться отношением заштрихованной части эпюры к площади прямоугольника $ABCD$.

Соответствующая высота массива к i -ому этапу расчета принималась равной

$$h_i = h_{i-1} - S(t_{i-1}); \quad (26)$$

а новое начальное поле напряжений принималось равным площади прямоугольника $EFKD$:

$$\sigma_z^{(i)} = \sigma - \sigma_z^{(i-1)}; \quad (27)$$

При этом производился пересчет всех расчетных характеристик в зависимостях (13) – (18) согласно следующих зависимостей (см. рисунок 9 \bar{b}):

$$e_0^{(i)} = e_0^{(i-1)} - b^{(i-1)} \cdot \left[1 - \exp\left(-a_1 \sigma_z^{(i-1)}\right) \right]; \quad (28)$$

$$b^{(i)} = b^{(i-1)} - \left(e_0^{(i-1)} - e_0^{(i)} \right) \quad (29)$$

$$k_0^{(i)} = k_0 \cdot \left[1 - \exp\left(-na_1 \sigma_z^{(i-1)}\right) \right] \quad (30)$$

$$C_{Vi}^{(0)} = k_0^{(i)} / \gamma_w a_1 \quad (31)$$

$$A_i = \left(1 + e_0^{(i)} - b^{(i)} \right) / b^{(i)} \quad (32)$$

$$B_i = \left(e_0^{(i)} - b^{(i)} \right) / b^{(i)} \quad (33)$$

Величина полной осадки прямоугольника $EFKD$ для i -го этапа определялась по зависимости

$$S_{\text{фк}}^{(i)} = \left[1 - \exp\left(-a_1 \sigma_z^{(i)}\right) \right] \cdot \left\{ h_i - \frac{1}{a} \ln \left[\frac{1 + A_i \exp(ah_i)}{1 + A_i} \right] \right\}; \quad (34)$$

Так как степень консолидации на i -том этапе определялась по отношению к новому массиву $EFKD$, то для пересчета по отношению к первоначальным размерам массива $ABCD$ использовалась зависимость:

$$U^0(t) = 1 - \left[1 - U_i(t_i) \right] \frac{S_{\text{фк}}^{(i)}}{S_{\text{фк}}^{(0)}}; \quad (35)$$

где $U^0(t)$ - степень консолидации массива относительно первоначальной высоты в момент времени t ;

$U_i(t_i)$ - степень консолидации при измененной высоте массива h_i и измененных начальных эффективных напряжениях $\sigma_z^{(i)}$ в расчетный момент времени t .

В шестой главе «Практическое приложение результатов теоретических исследований» рассмотрено применение результатов теоретических исследований. Приведен пример определения объемной деформации разуплотнения образца при отборе. По данным гранулометрического состава грунта на дневной поверхности определено значение радиуса пузырьков заземленного газа на дневной поверхности ($r^{II} = 12$ мкм).

По полученной в работе зависимости определено значение радиуса пузырьков заземленного газа на глубине отбора ($r^I = 9,32$ мкм). Величина относительного изменения радиуса пузырьков заземленного газа при подъеме грунта на дневную поверхность составила 22,3%.

Полученные значения радиусов пузырьков заземленного газа на глубине отбора, позволили определить высоту капиллярного поднятия поровой жидкости на рассмотренной глубине 5,2 метра, составившей $h_{\text{кап}} = 1,576$ м.

По величине степени влажности образца грунта на дневной поверхности, равной $S_r^{II} = 0,97$, по полученной в работе зависимости определена величина степени влажности на той же глубине 5,2 метра, составившей $S_r^{II} = 0,998$. Значение коэффициента объемного сжатия поровой жидкости составила $\alpha_w = -0,271$ (МПа⁻¹), а значение коэффициента объемного растяжения скелета грунта - $\alpha_z = -0,044$ МПа⁻¹. Изменение значения коэффициента пористости, подсчитанное по полученной зависимости получилось равным $\Delta e = -0,027$, что составляет 1,80% от значения на дневной поверхности. Фактическое значение коэффициента пористости в массиве, в исходном напряженно-деформированном состоянии, при этом будет равно $e^I = (1,50 - 0,027) = 1,473$.

Аналогичным образом определялись значения приращений коэффициента пористости для других образцов слабых водонасыщенных глинистых грунтов и устанавливались значения коэффициентов пористости образцов в массиве на глубине отбора.

По определяемым значениям коэффициентов пористости грунтов (e^I) в исходном напряженно-деформированном состоянии строится график зависимости " $e^I - z$ " и аппроксимируется зависимостью вида (1).

Значения коэффициентов e_0 , a и b , в данной зависимости (1) определяются методом наименьших квадратов.

В диссертации рассмотрено численное решение задачи нелинейной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и исходного

напряженно-деформированного состояния массива. Некоторые из полученных результатов расчета представлены на рисунке 10.

Полученные в результате экспериментальных исследований значительные по величине относительные деформации грунтов при действии внешней нагрузки, позволили сформулировать задачу влияния уменьшающейся высоты массива на продолжительность процесса фильтрационной консолидации (см. рисунок 9).

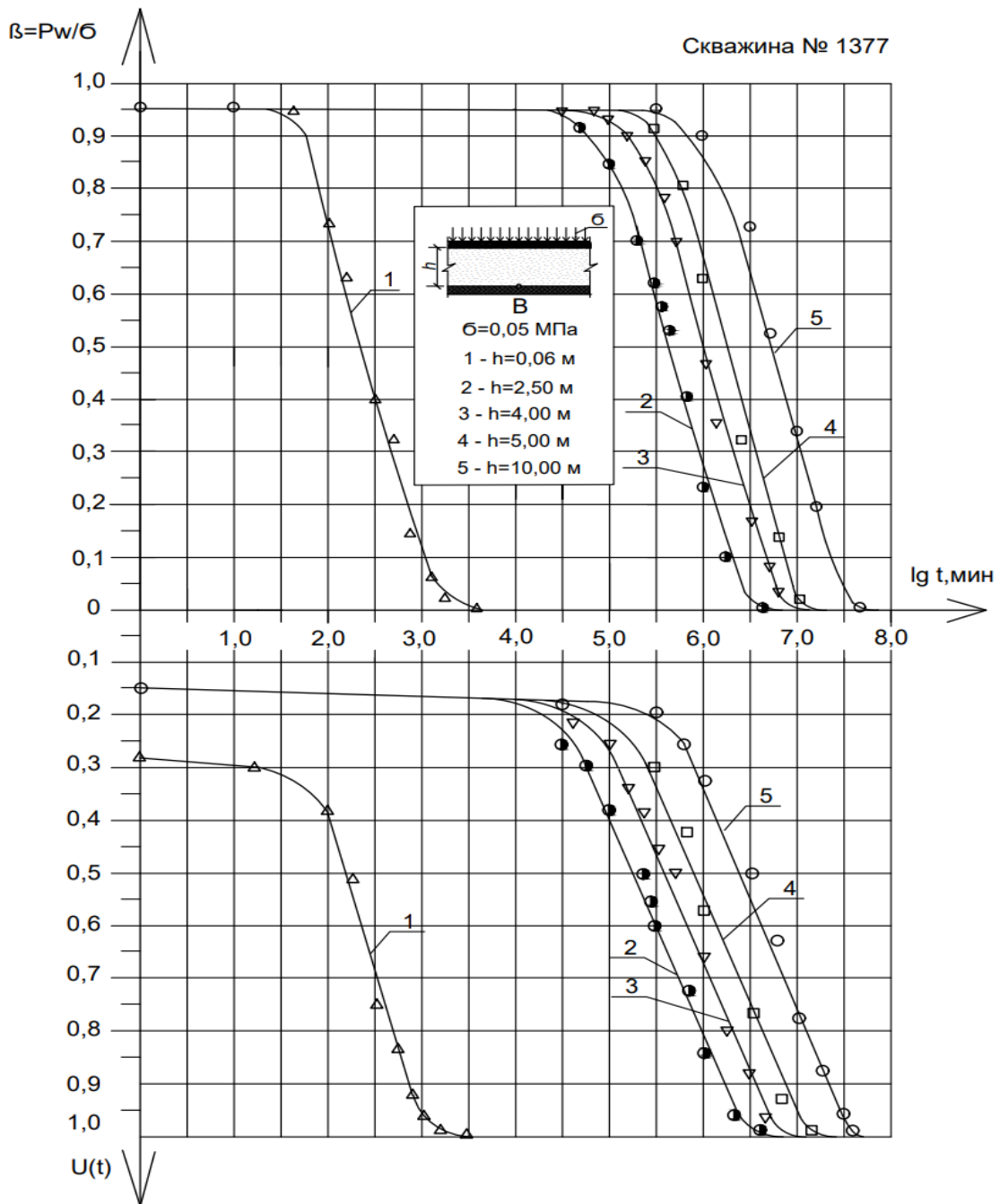


Рисунок 10. Изменение коэффициента порового давления (β) и степени консолидации ($U(t)$) во времени ($\lg t$, мин) при различной высоте массива (h)

С целью решения данной задачи был применен приведенный в предыдущей главе пошаговый метод расчета. При этом, вначале проводился расчет фильтрационной консолидации при постоянной высоте массива и строился график изменения степени консолидации во времени на ближайшие 50 лет (1000 шагов). Данный график приведен на рис.11 (кривая 1).

Последующий расчет консолидации проводился с временной разбивкой на расчетные периоды (шаги), например, шаг в 10 лет.

По истечении 10 лет, наблюдалось падение порового давления и происходила осадка массива, для которой вычислялась степень консолидации $U(t)$ за прошедшие 10 лет. В последующем, с учетом произошедшей осадки и падения величины порового давления, переформировывалась и решалась новая задача, с новыми измененными начальными и граничными условиями, на следующий расчетный период (шаг), равный 10 годам. По завершению последующего расчетного шага определялась степень консолидации по отношению к первоначальным размерам массива и определялась суммарная степень уплотнения, с учетом степени уплотнения в предыдущие расчетные периоды (шаги). В последующем расчет проводился с формированием новых полей напряжений ($\sigma_z^{(i)}$) и высоты массива (h_i) с учетом произошедших осадок ($S(t_i)$) через каждые 200, 100 и 50 и 0,8 шага, что соответствовало по времени 10; 5; 2,5 и 0,04 годам. Такая последовательность действий выполнялась до полного завершения процесса фильтрационной консолидации (оттока поровой жидкости и падения порового давления) в массиве грунта.

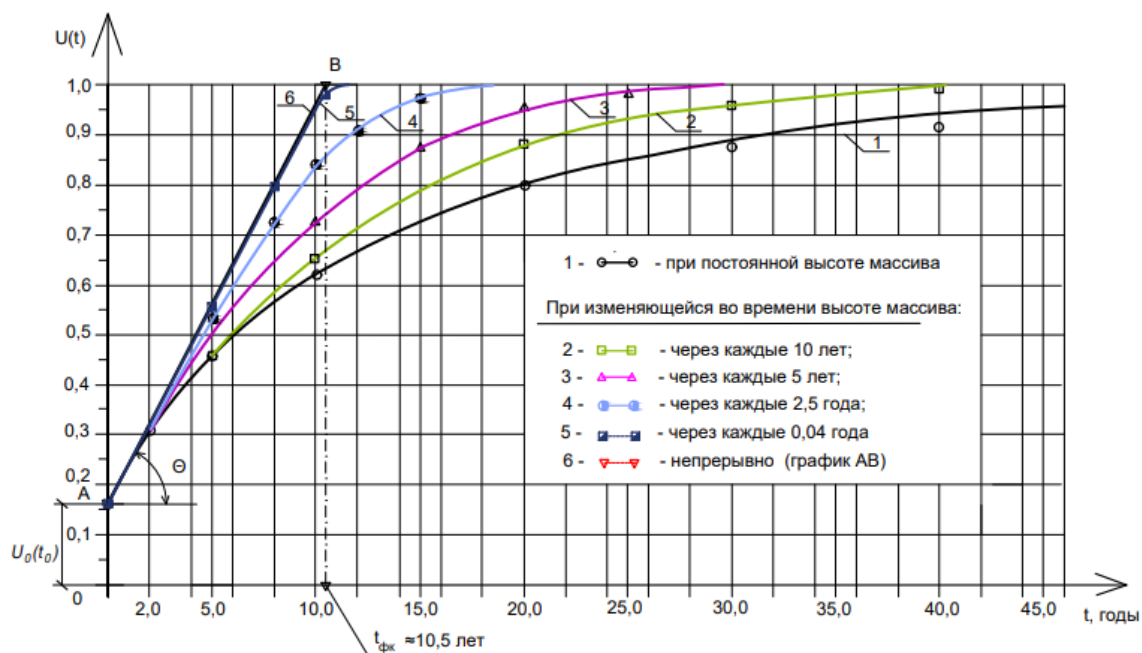


Рисунок 11. Результаты расчета степени консолидации $U(t)$ при постоянной (кривая 1) и деформирующейся во времени высоте массива (графики 2, 3, 4 и 5) ($t_{фк}$ - время окончания фильтрационной консолидации)

Графики фильтрационной консолидации (оттока поровой жидкости) при

изменяющейся во времени высоте массива через принятые расчетные шаги (периоды) приведены на рисунке 11 (графики 2, 3, 4 и 5).

Полученные результаты расчетов показывают, что уменьшение расчетного временного шага, приводит к ускорению оттока поровой жидкости (процесса фильтрационной консолидации) в массиве. Так, например, при величине временного шага равного 10 годам, время стабилизации составило около 40 лет (рисунок 11, график 2), а при уменьшении расчетного шага до 5 лет, 2,5 лет и 0,04 года время завершения фильтрационной консолидации составило соответственно 25, 17 и 11 лет (рисунок 11, графики 3, 4 и 5). При дальнейшем уменьшении величины расчетного шага, график фильтрационной консолидации последовательно приближается к прямой, являющейся касательной к графику 1 в точке условно-мгновенной деформации ($U_0(t_0)$), т.е. прямой АВ (рисунок 11, график 6). При этом перпендикуляр, опущенный из точки В на ось времени t , показывает время завершения фильтрационной консолидации (оттока свободной поровой жидкости и падения порового давления) в рассматриваемом массиве, что составило $t_{\text{фк}} = 10,5$ лет.

График изменения степени консолидации ($U(t)$) от времени t при постоянной высоте массива (рисунок 11, график 1) аппроксимируем зависимостью вида

$$U(t) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t)\} \quad (36)$$

где λ - обобщенный коэффициент, имеющий размерность обратную времени, и зависящий от первоначальных размеров массива, условий дренирования, параметров деформируемости, проницаемости и т.п.

Тогда производная по времени от функции (36) будет равна

$$\frac{\partial U(t)}{\partial t} = \lambda \cdot [1 - U_0(t_0)] \exp(-\lambda t) = \text{tg} \Theta \quad (37)$$

где Θ - угол наклона касательной к кривой 1 в точке условно- мгновенной консолидации. На рисунке 11 видно, что

$$\text{tg} \Theta = \frac{[1 - U_0(t_0)]}{t_{\text{фк}}} \quad (38)$$

Совместное решение (37) и (38) относительно $t_{\text{фк}}$ (при $t = 0$), даст в явном виде время завершения фильтрационной консолидации, которое будет равно:

$$t_{\text{фк}} = 1/\lambda \quad (\text{лет}) \quad (39)$$

Анализ полученных результатов показывает что в процессе фильтрационной консолидации в слабых водонасыщенных глинистых грунтах

наблюдается одновременное протекание нескольких процессов: сжатие газосодержащей поровой жидкости, фильтрация (отток) свободной поровой воды и ползучесть скелета грунта (рисунок 12).

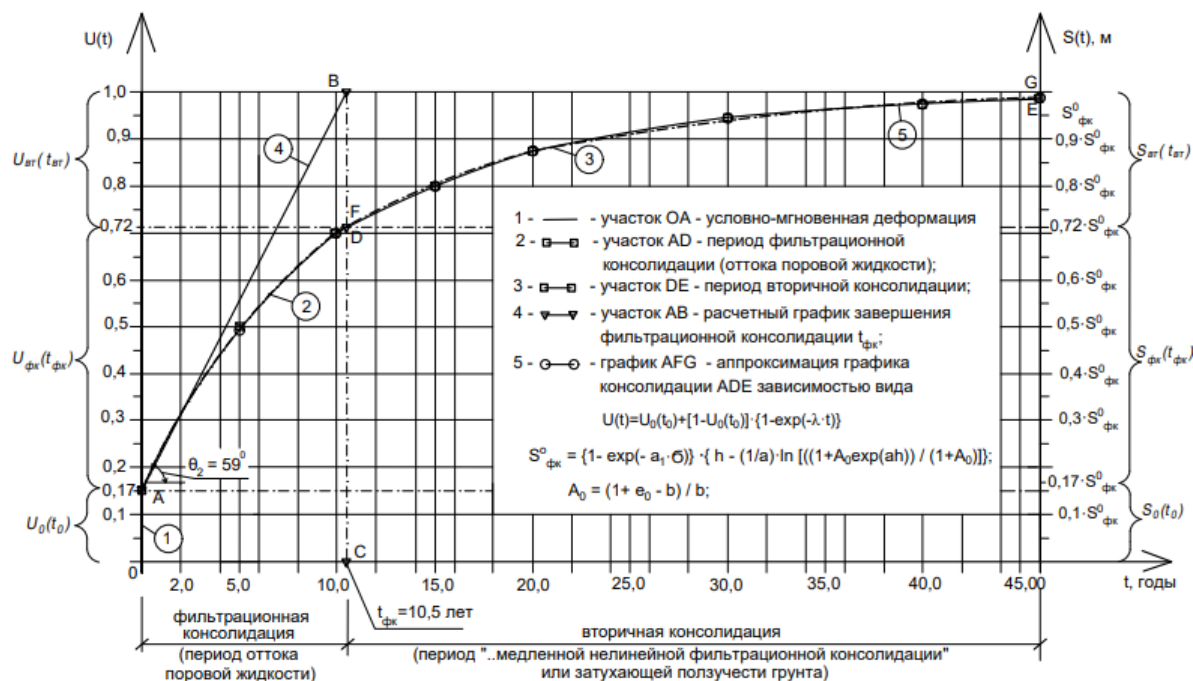


Рисунок 12. Определение степени консолидации $U(t)$ и деформации $S(t)$: водонасыщенного глинистого грунта: 1 - участок OA ($U_0(t_0)$ – условно-мгновенная деформация) 2- участок AD ($U_{фк}(t_{фк})$ – фильтрационная консолидация), 3 - участок DE ($U_{вт}(t_{вт})$ – вторичная консолидация, $t_{фк}$ - время завершения фильтрационной консолидации)

По мере завершения фильтрационной консолидации (оттока свободной поровой жидкости) наблюдается постепенное возрастание роли вторичной консолидации (ползучести скелета) грунта.

Таким образом, процесс консолидации слабого водонасыщенного глинистого грунта можно разделить условно на 3 участка (периода):

1) – участок OA - уплотнение водонасыщенного глинистого грунта от условно-мгновенной сжимаемости поровой жидкости ($U_0(t_0)$);

2) – участок AD - уплотнение грунта за счет оттока поровой жидкости (фильтрационной консолидации) ($U_{фк}(t_{фк})$);

3) – участок DE - уплотнение грунта (по Доброву Э.М.) - «...медленно протекающей нелинейной фильтрационной консолидации» или вторичной консолидации, ($U_{вт}(t_{вт})$).

В общем виде степень уплотнения грунта $U(t)$ можно выразить зависимостью

$$U(t) = U_0(t_0) + U_{фк}(t_{фк}) + U_{вт}(t_{вт}) \quad (40)$$

При аппроксимации графика уплотнения грунта зависимостью (36), можно получить значения степени консолидации грунта $U(t)$ в различные периоды времени:

1) - степень консолидации при условно-мгновенной деформации $U_0(t_0)$ определится по результатам экспериментов;

2) - степень консолидации в процессе фильтрационной консолидации $U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$ в период времени $0 < t_1 \leq t_{\text{фк}}$, будет соответствовать:

$$U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t_1)\} \quad (41)$$

где $t_{\text{фк}}$ – время завершения фильтрационной консолидации (оттока поровой жидкости) в массиве, определяемое по зависимости (39).

3) - степень консолидации в период вторичной (после фильтрационной) консолидации $U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$ на момент времени $t_{\text{фк}} < t_2 \leq t_{\text{вт}}$ будет равно:

$$U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t_2)\} \quad (42)$$

где t_2 – расчетное время в период вторичной консолидации, принимаемое в пределах $t_{\text{фк}} < t_2 \leq t_{\text{вт}}$;

$t_{\text{вт}}$ – время вторичной консолидации.

Величина текущей деформации $S(t)$ определится по зависимости:

$$S(t) = S_{\text{фк}}^0 \cdot U(t) \quad (43)$$

где $U(t)$ – степень уплотнения массива на момент времени t ,

$S_{\text{фк}}^0$ – значение общей деформации в период фильтрационной консолидации, определяемой по зависимости, имеющей вид:

$$S_{\text{фк}}^0 = [1 - \exp(-a_1 \sigma)] \cdot \left\{ h - \frac{1}{a} \ln \left(\frac{1 + A_0 \exp(ah)}{1 + A_0} \right) \right\} \quad (44)$$

где значение A_0 равно $A_0 = (1 + e_0 - b) / b$ (45)

На графике консолидации отрезок DE (рисунок 12, участок 3) является участком вторичной консолидации (ползучести) слабого водонасыщенного глинистого грунта, позволяющий определять значения реологических показателей грунтов:

а) - скорость ползучести грунта ($\dot{\delta}_{t_i}$) в расчетные моменты времени ($t_i > t_{\text{фк}}$);

б) - затухание ползучести грунта ($\ddot{\delta}_{t_i}$) в расчетные моменты времени ($t_i > t_{\text{фк}}$);

При нахождении значения скорости ползучести грунта ($\dot{\delta}_{t_i}$) определяется первая производная по времени t в зависимости (44):

$$\dot{\delta}_{t_i} = \frac{\partial S(t)}{\partial t} = S_{\text{фк}}^0 \cdot \lambda \cdot [1 - U_0(t_0)] \cdot \exp(-\lambda(t_i)) \quad (46)$$

где $t_i > t_{\text{фк}}$ - расчетный момент времени в период вторичной консолидации;

Для определения значений затухания ползучести грунта ($\ddot{\delta}_{t_i}$) в расчетные периоды вторичной консолидации определяется вторая производная по времени t в зависимости (44): : :

$$\ddot{\delta}_{t_i} = \frac{\partial^2 S(t)}{\partial t^2} = -S_{\text{фк}}^0 \cdot \lambda^2 \cdot [1 - U_0(t_0)] \cdot \exp(-\lambda(t_i)) \quad (47)$$

где $t_i > t_{\text{фк}}$ - расчетный момент времени в период вторичной консолидации.

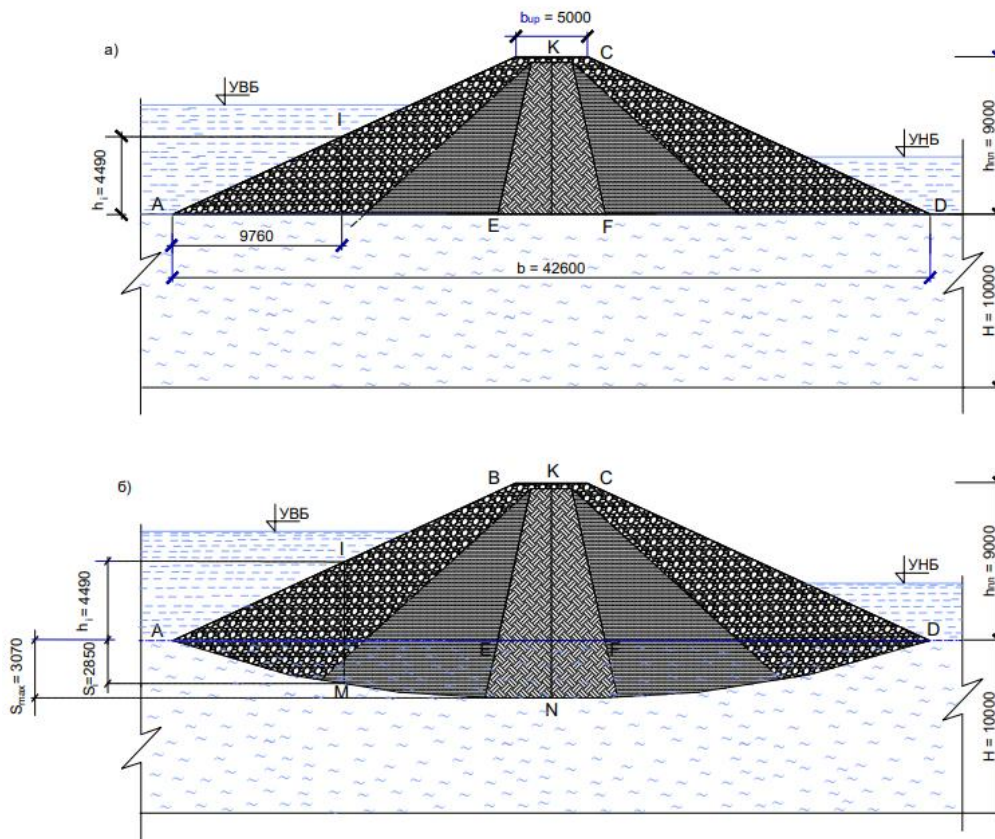


Рисунок 13. Результаты расчета эксплуатационных осадок («осадочной мульды») насыпной земляной плотины: а) – размеры плотины, б) – значения осадок в расчетных точках, $h_{\text{пл}}$ – высота плотины, H – мощность грунта в основании, $b_{\text{кр}}$ – ширина плотины по гребню, b – ширина плотины по подошве, h_i – высота точки i на откосе плотины, S_i - величина осадки в точке i , S_{max} - максимальная осадка под гребнем плотины

Полученные данные показывают, что при $t_i > t_{\text{фк}}$, значения скорости

ползучести грунтов ($\dot{\delta}_{t_i}$) уменьшаются во времени, а значения затухания ползучести грунтов ($\ddot{\delta}_{t_i}$), наоборот, имеет тенденцию к возрастанию во времени.

Зависимость (36) позволяет определить общую продолжительность процесса консолидации до достижения предельного значения $U_{\pi}(t_{\pi})$:

$$U_{\pi}(t_{\pi}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda T_{\pi})\} \quad (48)$$

где T_{π} – время, в течении которого будет достигнута устанавливаемая степень консолидации $U_{\pi}(t_{\pi})$ массива грунта.

По зависимости (44) можно рассчитать значение конечной деформации сооружения, возводимого на слабых водонасыщенных глинистых грунтах.

В работе приведен пример расчета осадки земляной плотины высотой $h_{пл} = 9,00$ м, возводимой на слое основания, сложенного слабыми водонасыщенными илистыми грунтами мощностью $H = 10,00$ м

Согласно рисунка 13, величина максимальной расчетной осадки под гребнем плотины составила $S_{max} = 3,07$ м.

ВЫВОДЫ

1. Исследованные образцы слабых водонасыщенных глинистых грунтов характеризуются, в основном, возрастающей плотностью и уменьшающейся влажностью по глубине отбора. Относительная деформируемость исследованных грунтов под действием внешних нагрузок имеет тенденцию к уменьшению в зависимости от глубины отбора, что можно отнести к проявлению сил гравитации в массиве [5-А], [6-А], [8-А], [9-А].

2. Слабые водонасыщенные глинистые грунты обладают значительной пористостью и нелинейной сжимаемостью, уменьшающейся по глубине массива. Проницаемость данных грунтов также существенно зависит от величины приложенной нагрузки. Это можно отнести к природному самоуплотнению грунтов под действием собственного веса вышележащих слоев грунта [3-А], [9-А].

3. Полученное решение показало, объемная деформация разуплотнения при отборе водонасыщенных глинистых грунтов зависит от значений коэффициента пористости (e^{II}) и пористости (n^{II}) грунтов на дневной поверхности, коэффициентов объемного разуплотнения твердых минеральных частиц (α_z) и поровой жидкости (α_w), радиусов пузырьков заземленного газа и степени влажности грунтов в массиве (r_I и S^I) и на дневной поверхности (r_{II} и S^{II}), а также изменения общих напряжений ($\Delta\sigma$), действующих на образец в процессе отбора [1-А], [6-А], [7-А], [11-А], [13-А], [18-А], [27-А].

4. Построенные по предложенной методике кривые исходной («природной») компрессии и изменения значений коэффициента пористости (e) по глубине массива (z) позволяют определить деформационные показатели

(коэффициент сжимаемости, модуль общей деформации) грунтов в исходном напряженно-деформированном состоянии. Сопоставление графиков «природной» компрессии и результатов компрессионных испытаний грунтов при различных действующих нагрузках позволяет оценить степень природной уплотненности (нормальное уплотнение, недоуплотнение) массива в исходном напряженно-деформированном состоянии [2-А], [8-А], [12-А], [14-А], [18-А], [27-А].

5. Впервые предложена методика определения высоты капиллярного поднятия поровой жидкости в массиве ($h_{\text{кап}}$), в зависимости от глубины и значений радиусов пузырьков заземленного газа на данной отметке [5-А], [8-А].

6. В диссертационной работе впервые получено численное решение задачи фильтрационной консолидации с одновременным учетом нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и исходного напряженно-деформируемого состояния грунтов в массиве. Впервые разработан временной (пошаговый) метод расчета консолидации грунтов, позволяющий учитывать происходящую деформацию массива в процессе уплотнения и установить влияние данного фактора на длительность протекания процесса консолидации [2-А], [8-А], [12-А], [14-А], [18-А], [27-А].

7. Впервые предложена методика определения реологических параметров (скорость ползучести ($\dot{\delta}_{t_i}$) и затухание ползучести ($\dot{\delta}_{t_i}$) слабых водонасыщенных глинистых грунтов) по графику консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов [5-А], [12-А], [15-А].

Рекомендации по внедрению научных результатов работы

1. Внедрение полученных в диссертации результатов исследований при возведении гидротехнических и других инженерных сооружений на слабых водонасыщенных глинистых грунтах.

2. Использование разработанной конструкции грунтоотборника при отборе образцов слабых водонасыщенных глинистых грунтов мягкопластичной и пластичной консистенций, отбор которых существующими конструкциями грунтоотборников не представляется возможным.

3. Некоторые результаты исследования автора отражены в книгах и учебниках по курсу “Механика грунтов” (Тер-Мартirosян З.Г. Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов // М.: “Недра”, 1986, 292 с.); Тер-Мартirosян З.Г. Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений // М.: Стройиздат, 1990. -220с.).

4. Основные результаты исследований можно внедрить в практику подготовки инженеров строительных специальностей.

Основные публикации по теме диссертации:

Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК при Правительстве РФ

[1-А]. **Рахманов, А.А.** К вопросу определения деформаций разуплотнения образца слабого водонасыщенного грунта при снятии природной нагрузки [Текст] / А.А. Рахманов, В.А. Тищенко // ВНИИИС Госстроя СССР. Рег. № 5033, реф. сб. НТЛ "Строительство и архитектура" разд. Б, вып.5. - Москва, 1984. - 7 с.

[2-А]. **Рахманов, А.А.** Теоретические основы расчета осадок слабых водонасыщенных грунтов с учетом исходного напряженного состояния и свойств ползучести [Текст] / З.Г. Тер-Мартirosян, А.А. Рахманов // ВНИИИС Госстроя СССР, регистрац. № 5032, реф. сб. НТЛ "Строительство и архитектура», разд. Б, вып.5. -, Москва, 1984.- 20 с.

[3-А]. **Рахманов, А. А.** Консолидация сильносжимаемого глинистого грунта / [Текст] / З.Г. Тер-Мартirosян, И.И. Демин, А.А. Рахманов // В сб. «Современные проблемы нелинейной механики грунтов». - Челябинск, 1985. – С.168-169.

[4-А]. **Рахманов, А. А.** Численный метод решения задач консолидации слабых водонасыщенных грунтов [Текст] / З.Г. Тер-Мартirosян, И.И. Демин, А.А. Рахманов // В сб. «Приложение численных методов к задачам геомеханики» (Межвуз. сб. научных трудов). Москва; МИСИ, 1986. - С.62-67.

[5-А]. **Рахманов, А.А.** Учет компрессионной ползучести грунта и природного напряженно-деформированного состояния массива при расчете конечных осадок сооружений [Текст] /А.А. Рахманов, О.С. Ашуров // Труды Тадж. Техн. Университета.Серия “Строительство и архитектура”, вып. 3. - Душанбе: ТТУ, 1993. - С. 22-28.

[6-А]. **Рахманов, А.А.** Прогноз нелинейной деформируемости массива лессовых просадочных грунтов при гидровзрывном методе [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. ТТУ, Душанбе: ТТУ, 2000. – С. 25-29.

[7-А]. **Рахманов, А.А.** Приборы и оборудование для отбора и испытания слабых водонасыщенных глинистых грунтов [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. трудов «Междун. научно-практ. конф. «Проблемы инж. геологии, гидрогеологии и разраб. месторожд. полезных. ископ. Таджикистана и сопред. территорий». – Душанбе: ТНУ, 2022. -С.241-249.

[8-А]. **Рахманов, А.А.** Изменение степени влажности и радиусов пузырьков заземленного газа при отборе образца из массива водонасыщенных глинистых грунтов [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. трудов «Междун. научно-практ. конф. «Проблемы инж. геологии, гидрогеологии и разраб. месторожд. полезных. ископ. Таджикистана и сопред. территорий» –Душанбе: ТНУ,2022.- С.270 – 276.

[9-А]. **Рахманов А.А.** Экспериментальные исследования деформируемости и проницаемости слабых водонасыщенных глинистых грунтов [Текст] / А.А. Рахманов, О.К. Комилов // В сб. трудов «Междун. научно-практ. конф. «Пробл.

инж. геологии, гидрогеологии и разраб. местор. полезных. ископ. Таджикистана и сопред. террит.» - Душанбе: ТНУ, 2022.-С. 232-241.

[10-А]. **Рахманов, А.А.** Численное решение нелинейной задачи консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом переменной высоты массива [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. трудов «Междун. научно-практ. конф. «Проблемы инж. геологии, гидрогеологии и разраб. месторожд. полезных. ископ. Таджикистана и сопред. территорий». – Душанбе: ТНУ, 2022. – С. 207– 213.

[11-А]. **Рахманов, А.А.** Изменение физических параметров при отборе слабых водонасыщенных лессовых грунтов [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. Вестник филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе // Секция естественных наук. Том 1, № 1 (21). – Душанбе: МГУ, 2022.- С.136-143.

[12-А]. **Рахманов, А.А.** К определению физико-механических показателей слабых водонасыщенных глинистых грунтов в исходном напряженно-деформированном состоянии [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. Вестник филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе // Секция естественных наук. Том 1 № 1 (21). - Душанбе: МГУ, 2022.- С. 144 – 150.

[13-А]. **Рахманов, А.А.** Устройство для отбора проб грунта, приборы и оборудование для исследования консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. «Политехнический вестник»: сер. Инженерные исследования, № 2 (58) 2022. – Душанбе: ТТУ, 2022. - С.144-151.

[14-А]. **Рахманов, А.А.** Аналитический метод оценки исходного напряженного состояния водонасыщенных глинистых грунтов [Текст] / А.А. Рахманов // Труды III-го Центрально-Азиатского Международного Геотехнического Симпозиума «Геотехнические проблемы строительства на просадочных грунтах в сейсмических районах» // Научно-исслед. и проектно-изыск. институт «САНИИОСП» Гос. комитета строительства и архитектуры Республики Таджикистан. – Душанбе: САНИИОСП, 2005.- С.94-95.

[15-А]. **Рахманов, А.А.** Учет нелинейной деформируемости скелета и нелинейной водопроницаемости грунтов при прогнозе осадок оснований сооружений. [Текст] / А.А. Рахманов // Труды III-го Центрально-Азиатского Международного Геотехнического Симпозиума «Геотехнические проблемы строительства на просадочных грунтах в сейсмических районах». // Научно-исслед. и проектно-изыск. институт «САНИИОСП» Гос. комитета строительства и архитектуры Республики Таджикистан. – Душанбе: САНИИОСП, 2005.- С. 96-97.

Авторские свидетельства и патенты

[16-А]. **Рахманов, А.А.** Авт. свид. СССР № 1357495 (51) Е 02 Д1/00 Способ определения деформационных характеристик слабых водонасыщенных грунтов / З.Г. Тер-Мартirosян, А.А. Рахманов, Р.Г.

Погосян, Бюл. № 45. – Москва, 1987. - С.2.

[17-А]. **Рахманов, А.А.** Авт. свид. СССР № 1488715 (51) Е 02 Д1/00. Устройство для отбора проб грунта / З.Г. Тер-Мартиросян, А.А. Рахманов, Р.Г. Погосян, Бюл. № 45. – Москва, 1987. - С.2.

Статьи в материалах конференций

[18-А]. **Рахманов, А.А.** Экспериментальные исследования деформируемости и проницаемости слабых водонасыщенных грунтов [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов (секция технических, тезисы докладов). - Душанбе: Ирфон, 1984. - С.44-45.

[19-А]. **Рахманов А.А.** Инженерно-геологические проблемы застройки Восточных холмов г. Душанбе [Текст] / А.А. Рахманов // Тезисы Респ. научно-практ. конф. «Благоустройство территории г. Душанбе» (арх - худ., эколог. и инж. проблемы). – Душанбе: Ирфон, 1991. - С.67-68.

[20-А]. **Рахманов, А.А.** К расчету количества воды для замачивания массива при уплотнении лессовых просадочных грунтов гидровзрывным способом. [Текст] / А.А. Рахманов // Респ. научно-практ. конф. (секция технических, тезисы докладов). – Душанбе: Ирфон, 1987. - С.12-13.

[21-А]. **Рахманов, А.А.** Использование метода трех кривых для прогноза деформаций при уплотнении массива лессовых просадочных грунтов гидровзрывным способом [Текст] / А.А. Рахманов // Респ. научно-практ. конф. – Душанбе: Ирфон, 1987. - С.137-138.

[22-А]. **Рахманов, А.А.** Прогноз скорости осадок массива лессовых просадочных грунтов после уплотнения гидровзрывным способом [Текст] / А.А. Рахманов, А.Р. Рузиев // сб. науч. статей: секция техн. наук. – Душанбе: ТПИ, 1990.- С.34-36.

[23-А]. **Рахманов, А.А.** Опыт замачивания грунтов в стесненных условиях строительства [Текст] / Рузиев А.Р., Джалилов Т.Ф., Рахманов А.А., Зехниев Ф.Ф. // В сб. Тезисы докладов XVII науч. отч. конф. преподавателей. – Душанбе: Дониш, 1989. - С.12-14.

[24-А]. **Рахманов, А.А.** О первичной и вторичной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов» [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. трудов «Междуна. научно-практ. конф. «XII Ломоносовские чтения», посвященная 30-летию установл. дипломат. отнош. между Республикой Таджикистан и Российской Федерацией. Секц. естествен. наук. Часть 1. – Душанбе: МГУ, 2022.- С.322-329.

[25-А]. **Рахманов, А.А.** Консолидация слабых водонасыщенных глинистых грунтов при изменяющейся во времени высоте массива [Текст] / А.А. Рахманов // Политехнический вестник: сер. Инженерные исследования. - Душанбе: ТТУ, 2023. – № 3 (63). – С. 154-161.

Статьи в других журналах, индексируемых РИНЦ

[26-А]. **Рахманов, А.А.** Прогноз нелинейной деформируемости опоры моста с учетом реологических свойств оснований [Текст] / А.А. Рахманов, А.И. Корнилов // В сб. «Повышение технического уровня дорожного хозяйства Таджикистана» - Душанбе, 1987.- С.6-8.

[27-А]. **Рахманов, А.А.** Определение деформаций разуплотнения грунтов при их отборе [Текст] / А.А. Рахманов // В сб. науч. статей ученых. – Душанбе: Дониш, 1988. - С.51-56.

КОМИТАИ МЕЪМОРӢ ВА СОХТМОН
ДАР НАЗДИ ҲУКУМАТИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
Корхонаи воҳиди давлатии «Донишкадаи илмӣ - тадқиқотии
«Соҳтмон ва меъморӣ»

Ба ҳуқуқи дастнавис

УДК 624.131.37: 627



РАХМАНОВ Азим Абдуллаевич

РУШДИ НАЗАРИЯИ МУТТАҲИДШАВИИ ХОКҲОИ
СУСТИ ЛОӢИИ АЗ ОБ СЕРШУДА ДАР АСОСИ
ИНШООТИ ГИДРОТЕХНИКӢ

Автореферати

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
доктори илмҳои техникӣ
аз рӯи ихтисоси 05.23.00 – «Соҳтмон ва меъморӣ»
(05.23.07 -«Соҳтмони гидротехникӣ»)

Душанбе - 2024

Кори илмӣ дар корхонаи воҳиди Давлатии «Донишгоҳи илмӣ-тадқиқотии «Соҳтмон ва меъморӣ» (КВД НИИСА)-и Кумитаи меъморӣ ва соҳтмони назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон иҷро шудааст.

Мушовири илмӣ

Комилов Одина Комилович

Корманди шоистаи Тоҷикистон, академики Академияи муҳандисии ҶТ, доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи гидрогеология ва геологияи муҳандисии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ

Файзиев Хомитхон

доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи технологияҳои муҳандисии гидротехника ва геотехникаи Донишгоҳи меъморӣ - соҳтмони Тошкент (Ҷумҳурии Узбекистон)

Логинов Геннадий Иванович

доктори илмҳои техникӣ, роҳбари гуруҳи ҶДММ ИЛ «Ак-Башат» (Ҷумҳурии Қирғизистон, ш.Бишкек)

Шарифов Абдумумин

доктори илмҳои техникӣ, профессор, мудири шуъбаи «Энергетикаи гидрогенӣ»-и Институти кимиёи ба номи В.И.Никитин-и АМИТ

Ташкилоти тақриздиханда

Муассисаи Федералии давлатии буҷетии илмӣ «Маркази федералии илмӣ гидротехника ва мелиоратсия ба номи А.Н. Костяков»
(Федератсияи Россия, ш.Москва)

Ҳимояи рисолаи докторӣ санаи «15» майи соли 2025 соати 10:00 дар ҷаласаи шурои диссертатсионии 6D.KOA-059 назди Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (суроғаи: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч.Бофанда 5/2) баргузор мегардад.

Бо рисола дар китобхонаи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ва тавассути сомонаи www.imoge.tj шинос шудан мумкин аст.

Реферат «15» апрели соли 2025 ирсол гардид.

Котиби илмӣ шурои диссертатсионии 6D.KOA-059, н.и.т.



Кодиров А.С.

МУҚАДДИМА

Муҳимияти мавзӯи тадқиқотӣ. Яке аз муҳимтарин вазифаҳои соҳаи геологияи муҳандисӣ ва механикаи хок ин такмил додани усулҳои ҳисоб кардани тағйири шакл дар иншоотҳои муҳандисӣ, воқеъ дар хокҳои гилини сусти аз об сершуда, ки бо назарраси гайрихаттӣ ва нуфузпазирии тағйирёбанда хос аст, мебошад. Дар назардоштани масъалаҳои муттаҳидшавӣ тағйирпазирии хосиятҳои муайяншудаи хок, инчунин нишондиҳандаҳои хок дар ҳолати шиддатноки тағйирёбандаи ибтидоӣ ва тағйирёбии (камшавии) баландии ибтидоии қисмати замин дар чараёни муттаҳидшавӣ, муҳимияти мавзӯи тадқиқотҳои рисола мебошад.

Дарачаи омӯзишии мавзӯи мазкур. Дар рушди назария ва амалияи тадқиқоти равандҳои муттаҳидшавӣ олимони зерин саҳми арзанда гузоштанд: Абелев Ю.М., Горькова И.М., Денисов Н.Я., Польшин Д.Е., Приклонский В. А., Маслов Н.Н., Сорокина Г. В., Тер-Степанян Г. И., Белый Л.Д., Ломизе Г.М., Бушканец С.С., Роза А.С., Ничипорович А.А., Флорин В.А., Цытович Н.А., Вялов С.С., Зарецкий Ю.К., Абелев М.Ю., В.А., Тер-Мартirosян З.Г ва ғайра. Ба масъалаҳои хосиятҳои хокҳои зарди сусти аз об сершуда тадқиқотҳои Ахмедов Д.Д. Мусаэлян А.А. Комилов О.К., Лаврусевич С.И., Орипов Г.О., Рузиев А.Р., Сальников Л.Ф., Тахиров И.Г., Усманов Р.А дигар тадқиқотчиён бахшида шудааст.

Таъсири омилҳои гуногун ба раванди муттаҳидшавии хокҳои лойини аз об сершуда корҳои: а) ба градиенти ибтидоии фишор ба раванди таровиши моеъи ковоқӣ Роза А.С., Павилонского В.М., Доброва Э.М. и др.; б) ба моеъи ковоқии газдор - тадқиқотҳои Тер-Мартirosян, З.Г, Зарецкий Ю. К., Абелев М.Ю ва ғайра; в) ба хосиятҳои реологии хокҳо – тадқиқотҳои Вялов С.С., Цытович Н.А., Маслов Н. Н., Ломизе Г.М., Гольдштейн Н.М. ва ғайраҳо бахшида шудаанд. Дар байни тадқиқотчиёни хориҷӣ раванди муттаҳидшавии хокҳои лойини аз об сершуда дар корҳои Барден Л., Краузе Г., Леонардс Г., Ло К., Поскит Т., Раймонд Г., Ямбу Н. ва дигарон инъикос ёфтаанд.

Алоқаи мавзӯи диссертатсия бо нақшаҳои илмӣ. Тадқиқотҳое, ки дар он рисолаи илмӣ асос ёфтааст, солҳои 80-ум оғоз ёфта ва мувофиқи Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 31.08.2012с., № 450 "Дар бораи барномаи давлатии азхудкунии заминҳои нави обёришаванда ва барқарор намудани заминҳои аз истифодаи кишоварзӣ хориҷ шуда, дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2012-2020" ва Қарори № 203 аз 27 апрели соли 2022 "Дар бораи Стратегияи рушди саноати сохтмони Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030" давом дода шудаанд.

ТАВСИФОТИ УМУМИИ КОР

Мақсади тадқиқотҳо, ин амалишавии маҷмӯи тадқиқотҳои илмӣ ва амалӣ оид ба коркарди миқдоран ва сифатан баҳодихии шаклтағйирдиҳии хокҳои

сусти аз об сершудаи лойии иқтидораш калон, ки эътимоднокии истифодабарӣ ва бехатарии иншооти гидротехникӣ ва дигар иншооти муҳандисиро таъмин менамояд, вазифаи муҳим дар рушди равияи нав дар соҳаи илм оид ба Замин ба ҳисоб меравад.

Вазифаҳои тадқиқот аз инҳо иборатанд:

1. Гузаронидани тадқиқотҳои таҷрибавӣ оид ба шаклтағйирдиҳӣ ва гузарониши хокҳои лойии сусти аз об сершуда дар асбобҳои яктира ва сетираи фишурдашавӣ (стабилометрҳо) бо ченкунии бузургии фишори ковокӣ. Дар таҷрибаҳо намунаҳои хокҳои лойкаи уфукҳои болоӣ, ки бо мувофиқати нармӣ ва шорандаи пластикӣ тавсифшаванда ва бо ёрии конструксияи нави хокгиранда, ки бо иштироқи бевоситаи муаллиф коркард шудааст, таҳқиқ карда шавад;

2. Ҳалли масъалаи назариявӣ оид ба муайян намудани шаклтағйирдиҳии ҳаҷмии вайроншавии зичии хокҳои лойии сусти аз об сершуда ҳангоми бардоштан ба сатҳи рӯзона (гирифтани сарбории табиӣ) ва муайян намудани параметрҳои хокҳои, ки дар вобастагии гирифташуда дохил мебошанд;

3. Коркарди усули сохтани ҷадвали (графики) компрессияи хокҳои ибтидоӣ (табиӣ) дар массив ва ошкор намудани дараҷаи зичшавии (зичшавии муътадил, зичшавии нокифоя) массив дар ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии табиӣ;

4. Коркарди асосҳои илмию назариявии муттаҳидшавии хокҳои лойии сусти аз об сершуда дар асосҳои иншооти гидротехникӣ (ва дигар иншооти муҳандисӣ) бо дарназардошти шаклтағйирдиҳии ғайрихаттӣ, гузариши тағйирёбанда ва ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ;

5. Коркарди усули муайян намудани баландии бардошташавии каппилярии моеъи ковокӣ дар массиви обпахшшуда дар ҳолати тағйирёбии (бардошташавӣ, фаромадан) сатҳи обҳои зеризаминӣ;

6. Шарҳ додан ва бо усули рақамӣ ҳалли вазифаи муттаҳидшавии полоишии хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти шаклтағйирдиҳии ғайрихаттӣ, гузарониши тағйирёбанда, ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ ва бо мурури вақт тағйирёбии баландии массиви муттаҳидшаванда. Коркарди усули муайян намудани параметрҳои реологии (суръати хазандагӣ (δ) ва хомушшавии хазандагии (δ)) хокҳои лойии сусти аз об сершуда дар раванди муттаҳидшавии дубора.

Объекти тадқиқотҳо. Объекти тадқиқот дар диссертатсия хокҳои заифи гили обдор (гил, обдор) буданд, ки асоси иншооти муҳандисӣ мебошанд.

Мавзӯи тадқиқотҳо. Мавзӯи тадқиқот такмили усули ҳисобкунии муттаҳидсозии асосҳои иншооти гидротехникӣ ва дигар иншооти муҳандисӣ д, ки аз хокҳои заифи гили обдор иборат буданд, мебошад.

Усулҳои тадқиқотҳо аз тадқиқотҳои таҷрибавӣ ва назариявӣ иборат буда, бо истифодаи усулҳои стандартӣ амалкунанда ва тавсиявии дигар тадқиқотчиён гузаронида шуд.

Навгони илми тадқиқотҳо чунин буд:

- бори аввал ҳалли назариявии масъалаи муайянкуни деформасияи ҳаҷмии густариши хокҳои заифи гили обдор ҳангоми бартараф кардани бори табиӣ ва

муодилаи компрессияи ибтидоии (табиии) хокҳои гили обдор дар ҳолати ибтидоии шиддату тағйири шакл ба даст оварда шудааст;

– дар асоси қонуни изотермикии Бойл-Мариотт ва қонуни Ҳенри дар бораи ҳалшавандагии газҳо бори аввал арзишҳои радиуси буғумҳои гази фишурда ва дараҷаи намии хокҳои гили обдор дар чуқурии интиҳобӣ ба даст оварда шуданд;

- бори аввал дар асоси қонуни Борелли-Жюрен арзиши баландии баландшавии моеъи ковок ($h_{\text{кап}}$) дар массиви хокҳои заифи гили обдор ба даст оварда шуд;

- бори аввал усули муайян кардани қувваи ғафсии фишурдашаванда (h_a) дар массиви хокҳои заифи гили обдор ҳангоми таъсири бори беруна ва усули ба назар гирифтани таъсир ба андозаи деформатсияи дохилшавии органикӣ ва қабатҳои гуногуни хок дар чуқурии массив пешниҳод карда шуд.

- бори аввал ҳалли масъалаи пешгуи таҳшинии иншооти гидротехникӣ ва дигар иншооти муҳандисӣ бо назардошти деформатсияи ғайрихаттӣ, гузариши тағйиребанда ва ҳолати ибтидоии шиддату тағйири шакли хок ба даст оварда шуд;

– бори аввал ҳалли рақамии масъалаи муттаҳидшавии ғайрихаттии хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ ва бо мурури вақт тағйирёбии баландии массив дар раванди зичкунии хокҳо дастрас карда шуд.

Муқаррароти асосии рисола, ки барои химоя пешниҳод карда мешавад:

1) – ҳалли назариявии масъала оид ба муайян намудани шаклтағйирдиҳии ҳаҷмии вайрошавии зичии хокҳо ҳангоми гирифтани онҳо аз массив ва муқаррар намудани нишондиҳандаҳои воқеии хокҳои лойии сусти аз об сершуда дар ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ (табӣ);

2) – сохтани графикаи компрессияи ибтидоӣ аз рӯи нишондиҳандаҳои воқеии хокҳои лойии сусти аз об сершуда аз рӯи чуқурии массив ва баҳодиҳии дараҷаи зичшавии (зичшавии муътадил, зичшавии нокифоя) массив дар шароити ҷойгиршавии табӣ;

3) – ҳалли назариявии масъалаи муайян намудани шаклтағйирдиҳии (таҳшиниҳои) иншооти гидротехникӣ ва дигар иншооти муҳандисӣ дар хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти шаклтағйирдиҳии ғайрихаттӣ, гузариши тағйиребанда ва ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ;

4) - ҳалли рақамии масъалаи муттаҳидшавии полоишии хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти шаклтағйирдиҳии ғайрихаттӣ, гузарши тағйиребанда ва ҳолати шиддатнокию шаклтағйирдиҳии ибтидоии массив;

5) – муайян кардани вақти муттаҳидшавии полоишии хокҳои заифи гили обдор ҳангоми тағйиребии баландии массив;

б) – усули муайян намудани параметрҳои реологӣ (суръати хазандагӣ ($\dot{\delta}$) ва хомушшавии хазандагӣ ($\ddot{\delta}$)) ҳангоми муттаҳидшавии хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти бо мурури вақт тағйирёбии баландии массив.

Аҳамияти назариявии тадқиқот аз муайян кардани бузургии васеъшавии

ҳаҷмии намунаҳои хок ҳангоми баланд шудан ба сатҳи рӯзона иборат аст; таҳияи усули ҳисоб кардани таҳшинҳои гидротехникӣ ва дигар иншооти муҳандисӣ дар асосҳои заифи гили обдор; муайян кардани тағйирот дар радиуси ҳубобҳои гази ҳалшуда дар моеи ковок ва дараҷаи намии хок аз рӯи умқи массив; муайян кардани баландии капиллярии баландшавии моеи ковок дар массив; ҳалли рақамии вазифаҳои муттаҳидсозии хокҳои заифи гили обдор бо назардошти тағйирёбии ғайриҳаттӣ, гузариши тағйиребанда, ҳолати табиӣ шиддату шаклтағйирӣ ва баландии тағйиребандаи қабат.

Аҳамияти амалии кор аз истифодаи усули таҳияшудаи ҳисоб кардани муттаҳидсозии хокҳои заифи гили обдор ҳангоми пешгӯии тағйирёбии сарбанди хокии гидроузли Днепро-Буг, ки дар хокҳои заифи гили обдор бо иқтидори калон сохта мешавад, иборат аст.

Баъзе муқаррароти тадқиқоти диссертатсия дар асарҳои илмӣ проф. Тер-Мартirosян З.Г. «Пешгӯии равандҳои механикӣ дар қисми заминҳои хокии бисёрҳолата (многофазные)» (М.: Недра, 1986.-292 с.) ва «Андозаҳои реологии хок ва ҳисобкунии таҳкурсии иншоот» (М.: Стройиздат, 1990.-200 с.) , инчунин дар китобҳои дарсии «Механикаи хок» (М.: Нашриёти АСВ, 2005.- 488 с.; М.: Нашриёти АСВ, 2009.- 553 с.) ворид карда шудааст, ки ин китобҳои дарсӣ барои студентони ихтисосҳои бинокории мактабҳои олий, муҳандисон — геологҳо, гидрогеологҳо, инчунин мутахассисони соҳаҳои сохтмон тавсия карда мешаванд.

Мутобиқати мундариҷаи рисола ба шиносномаи ихтисоси илмӣ.

Дар баланд бардоштани амнияти (эътимодияти) иншооти гуногуни гидротехники иборат буда мундариҷаи кори рисолавӣ ба бандҳои 1, 6 ва 9 шиносномаи ихтисоси 05.23.07 – Сохтмони гидротехникӣ мутобиқат мекунад:

1. Коркарди назария, усулҳои асосноккунии ҳисобӣ, лоиҳакашӣ ва сохтмони саддҳо аз масолеҳҳои хокӣ;

6. Рушди назария, усулҳои ҳисоб, лоиҳакашӣ, сохтмон ва истифодабарии иншооти гидротехникии системаҳои обёрӣ ва системаҳои сохтмони табиоти муҳофизати табиат;

9. Коркарди усулҳои баҳодиҳии таъсири сохтмони гидротехникӣ ба ҳудудҳои ҳамшафат, ташкили усулҳои нави ҳисобҳо ва лоиҳакашии иншооти муҳофизати муҳандисӣ.

Бозътимодии натиҷаҳои илмӣ иборатанд аз:

- истифодаи усулҳо ва воситаҳои тадқиқотии муосирму;
- тасдиқи натиҷаҳои тадқиқотҳои дар рисола гирифташуда бо нишондодҳои дигар муаллифон;
- тасдиқи муқаррароти назариявии дар рисола гирифташуда бо натиҷаҳои тадқиқотҳои таҷрибавӣ ва нишондодҳои дигар муҳаккикон;
- маъқул донишдони натиҷаҳои ҳосилшудаи (ба даст овардашудаи) тадқиқотҳо дар машваратҳои илмӣ, конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ.

Саҳми шахсии муаллиф дар интиҳоб намудани мавзеҳои тадқиқот; дар асоснок намудани натиҷаҳои тадқиқотҳои назариявӣ; инчунин пешкаш намудани тавсияҳои амалӣ; дар нашриётҳои шахсӣ ва ҳаммуллифӣ оиди тадқиқотҳои гузаронида шуда ва натиҷаҳои корҳо мебошад.

Тасдиқи натиҷаҳои кор. Тасдиқи асосии илмӣ, натиҷаҳои тадқиқотҳо ва хулосаҳо аз рӯйи кори рисолавӣ дар конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ муаррифӣ карда шудааст, аз ҷумла: Конференсияи илмию техникаи олимон ва мутахассисони ҷавон (ш. Душанбе, 1984), конференсияи умумии илмию амалӣ “Мушкилиҳои муосири механикаи хокҳои ғайрихаттӣ” (ш. Челябинск, 1985), конференсияи ҷумҳуриявӣ илмию техникаи олимон ва мутахассисони ҷавон (ш. Душанбе, 1987), конференсияи XVII – уми Ҷумҳуриявӣ илмию амлӣ (баҳши илмҳои техникӣ) (ш. Душанбе, 1990), Сипозиуми III-юми Гидротехникии Осиеи Марказӣ “Мушкилиҳои геотехникии сохтмон дар хокҳои фурӯнишин дар минтақаҳои сейсмикӣ” (ш. Душанбе, 2005), конференсияи байналмилалӣ илмию амалӣ “Масъалаҳои муҳими меъморӣ ва шаҳрсозӣ” (ш. Душанбе, 2021), конференсияи байналмилалӣ илмию амлӣ “Мушкилиҳои геологияи муҳандисӣ, гидрогеология, гидрология ва коркарди конҳои чинҳои фойданоки Тоҷикистон ва худудҳои ҳамшафат” (ш. Душанбе, 2022), конференсияи байналмилалӣ илмию амалии XII “Хонишҳои Ломоносовӣ” баҳшида ба 30 солагии баргузори муносибатҳои дипломатӣ байни Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Федератсияи Россия (ш. Душанбе, 2022), конференсияи байналмилалӣ илмию амлӣ “Дастовардҳои муосирва масоили мавҷудбуда дар илми геология (илмҳои заминшиносӣ)” (ш. Душанбе, 2024),

Асарҳо аз рӯйи мавзӯи рисола. Натиҷаҳои асосии тадқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ дар кори рисолавӣ гирифташуда ва таркиби мундариҷаи он дар 32 қорҳои илмӣ, аз он ҷумла дар 15 асарҳои нашрияҳо, ки КАО назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия дода шудааст, дар 3 ҳуҷҷатҳои меъёрии сохтмонӣ ва ду шаҳодатномаҳои муаллифӣ (патентҳо) инъикоси худро ёфтаанд.

Сохтор ва ҳаҷми кори рисолавӣ. Кори рисолавӣ аз муқаддима, шаш боб, хулоса ва рӯйхати манбаҳои адабиёти истифодашуда аз 367 номгӯй ва 5 замима иборат мебошад. Ҳаҷми умумии кори рисолавӣ аз 323 саҳифа, аз ҷумла 62 расм ва 14 ҷадвал иборат аст.

Муаллиф ба устодон ва мушовирони илмӣ: академики Академияи илмҳои хоҷагии об ва академики Академияи илмҳои Нью-Йорк, Ходими шоистаи илми Федератсияи Россия, доктори илмҳои техникӣ, профессор Гер-Мартироян З. Г. (МИСИ-МГСУ, Федератсияи Россия), ки муаллифро ба олами илм роҳ кушод ва бо он солҳои тӯлонӣ ҳамкорӣ мекард ва доктори илмҳои техникӣ, ҳамчунин профессор Демин И.И. (МИСИ-МГСУ, Федератсияи Россия) ва Корманди шоистаи Тоҷикистон, академики Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон, ихтироъкори СССР, доктори илмҳои техникӣ, профессор Комилов О.К. (Донишгоҳи Миллии Тоҷикистон) барои роҳнамоӣ, маслиҳат ва таваҷҷуҳи пураризиш ҳангоми татбиқ ва омодагии рисолаи мазкур, арзи сипоси бепоён ирсол намуданд.

МУНДАРИЧАИ АСОСИИ КОР

Дар муққадима муҳимии кор асоснок гардида, дараҷаи коркарди илмӣ мушкилии омӯхташаванда, тавсифоти умумии кор шарҳ дода шуда, мақсад ва вазифаҳо баён гардидаанд, объект ва мавзӯи тадқиқот муайян шудааст, ба навгонии илмӣ, аҳамияти назариявӣ ва амалии кор, саҳми шахсии муаллиф равшанӣ андохта шудааст, муқаррароти асосии ҳифзшаванда сохтори кор, маълумот оид ба муаррифии он ва амалишавии натиҷаҳо, маълумот оид асарҳо, мундариҷаи мухтасари рисола оварда шудаанд.

Дар боби якум “Ҳолати ҳозираи тадқиқотҳои шаклтағйирдиҳӣ ва гузарониши хокҳои лойии сусти аз об сершуда” ҳолати ҳозираи муттаҳидшавии хокҳои сусти лойии аз об сершуда дида баромада мешавад. Дар соҳаи таҳияи назарияи муттаҳидшавии хокҳои гилини аз об сершуда саҳми арзандаро корҳои Герсеванов Н.М., Зарецкий Ю.К., Ксенофонов А.И., Маслов Н.Н., Полшин Д.Э., Тан-Тёнг-Ки, Тейлор Д., Тертсаги К., Тер-Мартirosян З.Г., Флорин В.А., Цитович Н.А., Шукле Л. ва дигарон гузошанд. Баъзе масъалаҳои муттаҳидшавии хокҳои гилини аз об сершуда корҳои Абелев М.Ю., Голдин А.Л., Горелик Л.В., Далматов Б.И., Короткин В.Г., Малышев М.В., Соболевский Ю. А., Строганов А.С., Ширинкулов Т. ва дигарон бахшида шудаанд. Ба ҳалли масъалаҳои таҳлили амалии назарияи муттаҳидшавии хокҳои гилини сусти аз об сершуда корҳои Амарян Л.С., Арипов Н.Ф., Абелев М.Ю., Зарецкий Ю.К., Миронов В.А., Полшин Д.Е., Сотников С.Н., Тер-Мартirosян З.Г. ва ғайра бахшида шудаанд. Ба тадқиқоти хосиятҳои реологии хокҳои гилини сусти аз об сершуда корҳои Будин А.Я., Вялов С.С., Голдштейн М.Н., Горкова И.М., Зарецкий Ю.К., Караулов З.М., Маслов Н.Н., Месчан С.Р., Тер-Степанян Г.И., Цитович Н.А. ва ғайра бахшида шудаанд.

Дар рисола таъбиқи назарияҳои тақвият (консолидация) таҳлил карда мешавад, аз ҷумла назарияҳо, бо назардошти хусусиятҳои реологии хокҳои сусти гилини аз об сершуда ва тадқиқоти назариявии ҳолати шиддатноки хоки табиӣ таҳлил шудааст. Дар асоси баррасии дар боло овардаи назарияҳои мавҷудаи тақвият қайд карда мешавад, ки дар айни замон ягон корҳои умумисозӣ вучуд надоранд, ки намунаҳои зичкунии (уплотнение) хокҳои сусти аз об сершуда дар ҳолати ибтидоии шиддатноку-тағйирёбии шакл, дар зери таъсири қувваи гравитатсионӣ ба назар гирифта шаванд. Нашрияҳои мавҷуда, бо назардошти масъалаҳои зичкунии ин хокҳо аз мавқеи умумии назариявӣ (Денисов Н.Я., Ломтадзе В.Д., Луга А.А. ва ғайра), инчунин аз нуктаи назари масъалаҳои аниқ, истифодабарии онҳо ҳамчун таҳкурсии биноҳо ва иншоот

(Сорокина Г.В., Польшин Д.Э., Ребиндер П.А., Роза А.С. ва дигарон) тарафи физикии ин равандро шарҳ дода, тарафи микдорӣ ва сифатии тағйирёбии шакл дар воҳиди вақт ба таври кофӣ баҳо дода нашудаанд. Ин ҳолат тадқиқоти иловагиро талаб мекунад, ки барои тақмили додани тарзи ҳисобу китоби таҳшинӣ дар асоси баҳисобгирии мукаммали қонунҳои тағйирёбии шакли ин хокҳо, инчунин андозаҳои онҳо дар ҳолати ибтидоии шиддатноку-тағйирёбии шакл.

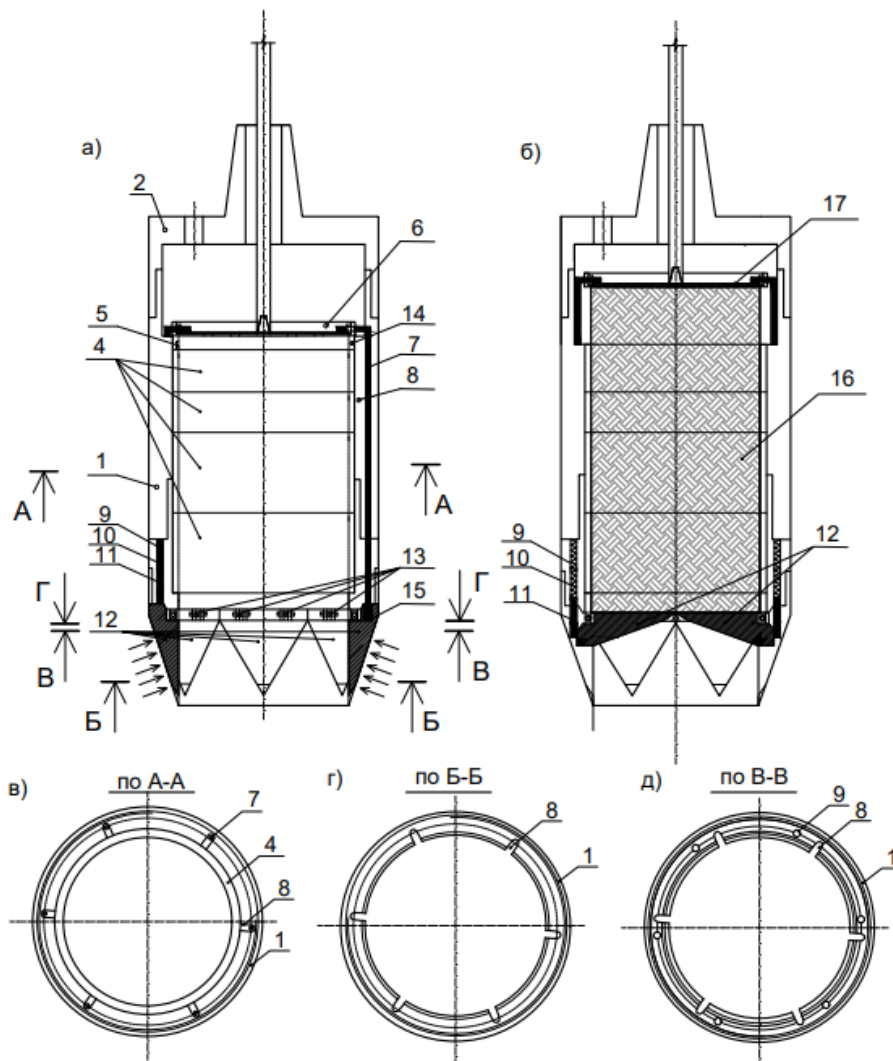
Дар масъалаҳои омӯхтани хосиятҳои бинокорӣ ҳақиқатҳои сусти аз об сершуда, инчунин қор қарда баромадани назария ва амалия дар сохтмони биноҳо ва иншоот дар ҳақиқатҳои сусти аз об сершуда, саҳми олимони мамлакатҳои ИДМ (СНГ) Абелев Ю. М., Абелев М.Ю., Амарян Л.С., Ананиев В.Н., Бровко И.С., Бульчев В.Г., Гилман Я.Д., Голдштейн М.Н., Горбунов Б.П., Горкова И.М., Далматов Б.И., Денисов Н.Я., В.М.И., Комилов О.К., Коновалов П.А., Ларионов А.К., Ломизе Г.М., Ломтадзе В.Д., Мавлянов Г.А., Маслов Н.Н., Мусаеян А.А., Осипов В.И., Павилонский Н.Н., Польшин Д.С., Рубинов А.Л., Савватеев С.С., Соколов В.Н., Тахиров И.Г., Тер-Мартirosян З.Г., Тугаенко Ю.Ф., Усмонов Р.А., Финаев И.В., Хасанов А.З., Цитович Н.А. ва хело дигарон қалон ҳақиқат. Ба саволҳои тадқиқоти хусусиятҳои ва сохтмони иморатҳои ва иншоот дар зардхокҳои сусти аз об сершуда дар қаламрави Республикаи Тоҷикистон қорҳои олимони Аҳмедов Д.Д., Вилфанд А.Г., Комилов О.К., Лаврусевич С.И., Мусаеян А.А., Орипов Г.О., Рузиев А.Р., Сальников Л.Ф., Тахиров И.Г., Усмонов Р.А. ва дигарон бахшида шудаанд.

Дар адабиёти ватанӣ ва хориҷӣ оид ба омӯзиши назариявии моделҳои гуногуни таҳкурсии ҳок, ки қори ҳокро дар зери таъсири бори беруна шарҳ медиҳанд, қорҳои зиёде мавҷуданд. Онҳо дар эҷодиёти Терцаги К., Герсеванов Н.М., Цитович Н.А., Егоров К.Е., Малышев М.В., Маслов Н.Н., Флорин В.А., Клейн Г.К., Зарецкий Ю.К., Вялов С.С. ва дигарон ҷой гирифтаанд.

Дар боби дуюм “Объектҳои ва усулҳои тадқиқотҳои ҳокҳои лойи сусти аз об сершуда” дар бораи намудҳои ҳокҳои гилини сусти аз об сершуда, ҳақиқатҳои сусти лойқадор (ш.Очаков, Украина) ва зардҳоки аз об сершудаи райони Данғараи Ҷумҳурии Тоҷикистон маълумот дода мешавад. Ба зардхокҳои зери об мондаи минтақаи шаҳри Данғара (Ҷумҳурии Тоҷикистон) сатҳи тағйирёбандаи обҳои зеризаминӣ ҳос аст, ки мавсимӣ дар минтақаҳои пастзамин ба руи замин барои мада, раванди сохтмон ва истифодабарии иншооти граждони ва саноатири душвор мегардонад. Мувофиқи маълумоти кадастри обёркунӣ, «Баланд бардоштани сатҳи таъминоти техникаи об ва ҳолати заминҳои обёркунии Ҷумҳурии Тоҷикистон то 01.01.2014» дар шаҳри Данғара «сатҳи обҳои зеризаминӣ, ки хавфнок мебошанд, 240 гектар заминро дар бар гирифтаанд».

Дар қори диссертационӣ ҳокҳои гили сусти аз об сершудаи дараҷаи ғилзати (консистенция) равони-наर्म (текучепластичной) ва мулоими-наर्म (мягкопластичной) омӯхта шуданд. Барои аз қарри замин гирифтани чунин намунаи ҳок, муаллиф яқоя бо доктори илм. техн., проф. Тер-Мартirosян З.Г. (МИСИ - МГСУ, Федератсияи Руссия) ва номзади илмҳои техникаи Погосян Р.Г. (МГСУ, Федератсияи Руссия) конструктсияи принципани нави таҷҳизоти намунагирандаи ҳақиқат (шаҳодатномаи муаллифии СССР № 1488715 (51) Е 02

Д1 / 00), қорқард намуда, истеҳсол қарда, дар амал қорӣ намуданд, ки дар расми 1 нишон дода шудааст.

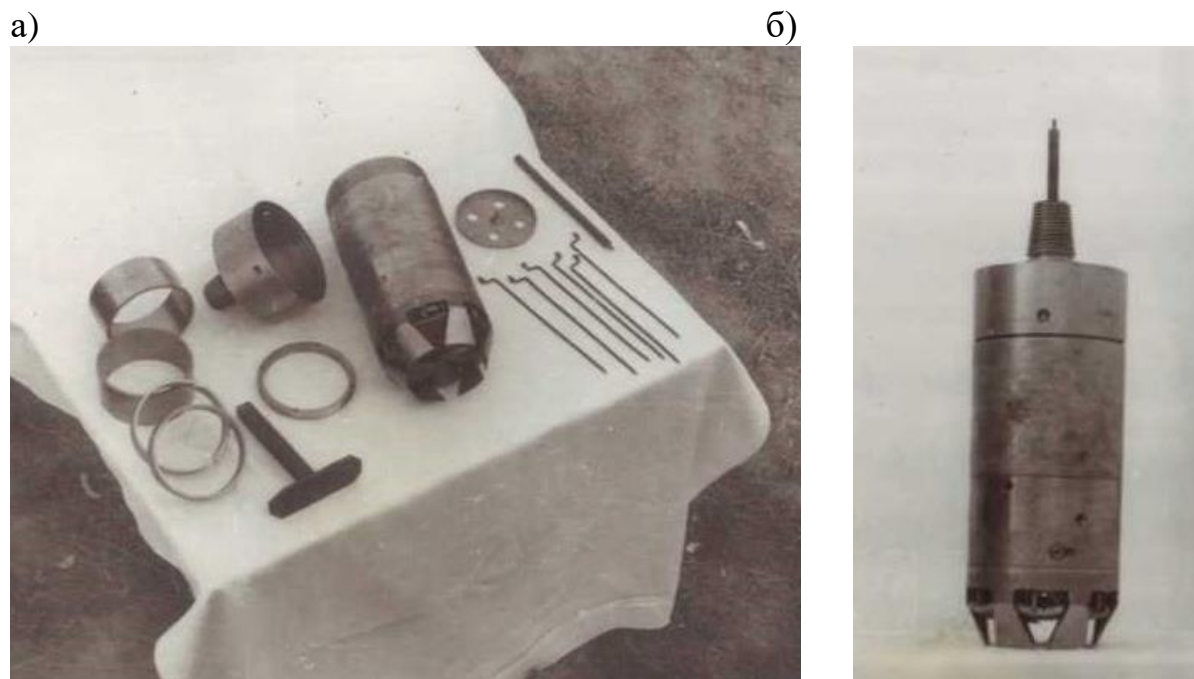


Расми 1. Буришҳои қисмҳои дастгоҳ (намунагирандаи хок) барои гирифтани хокҳои гилии сусти аз об сершуда (Шаҳодатномаи муаллифӣ. СССР No 1488715 (51) E 02 D1/00): а) – буриши дастгоҳ дар ҳолати васлшуда пеш аз ғарқ шудан ба қисмати замин; б) – буриши дастгоҳ пас аз гирифтани намунаи хок. Буришҳои дастгоҳ: в) – аз руи А - А; г) – аз руи Б - Б; д) – аз руи В - В. 1 - корпуси намунагирандаи хок (дастгоҳ); 2 - сарпӯши дастгоҳ; 3 - нӯги тез карда шудаи дастгоҳ; 4 - ҳалқаҳои хок; 5 – гирандаҳои ҳалқавӣ; 6 – чарх барои меҳварҳои роҳнамо; 7 - меҳварҳои роҳнамо; 8 - каналҳои амудӣ дар корпуси дастгоҳ; 9 - каналҳо барои насб кардани фанарҳо (пружинаҳо); 10 - пружинаҳо; 11 - штокҳо; 12 – қисмҳои саҳти ҳаракаткунанда; 13 - мафсилҳо; 14 - ҳалқаи нигоҳдоранда бо раҳпеч; 15 - чуқуриҳо барои меҳварҳои роҳнамо; 16 – намунаи хок; 17 - ҳалқаи резинии фазои холӣ (вакуум).

Намунагирандаи хок аз корпуси дорои сарпӯш ва нӯги тез карда шуда иборат мебошад, ки дар дохили он ҳалқаҳои хок бо гирандаҳои ҳалқавӣ ва чархи уфуқӣ бо меҳварҳои доранда-роҳнамои амудӣ дар каналҳои амудии корпус насб карда шудаанд. Дар тарҳ системаи пружинаҳо бо штокҳои ба секторҳои саҳти ҳаракаткунандаи тақия карда, ба воситаи мафсилҳо (шарнир) ба танаи дастгоҳ пайваस्त шудаанд. Дар тарҳ дар як вақт қандани меҳварҳои амудӣ ба таври

синхронӣ баровардани секторҳои ҳаракаткунанда хангоми бо хок пур кардани дастгоҳ, таъмин карда мешавад. Ба таври автоматикӣ маҳкам шудани қисми поёнии асбоб аз ҳисоби энергияи потенциалии пружинаҳои дар даруни намунагирандаи хок ҷойгиршуда, инчунин таъсири худӣ хок ба сатҳҳои моили берунии секторҳои ҳаракаткунанда ба амал меояд (расми 1).

Намуди умумии намунагирандаи хок барои гирифтани хокҳои гилии сусти аз об сершуда дар шакли ҷудошуда ва ҷамъшуда дар расми 2 нишон дода шудааст.

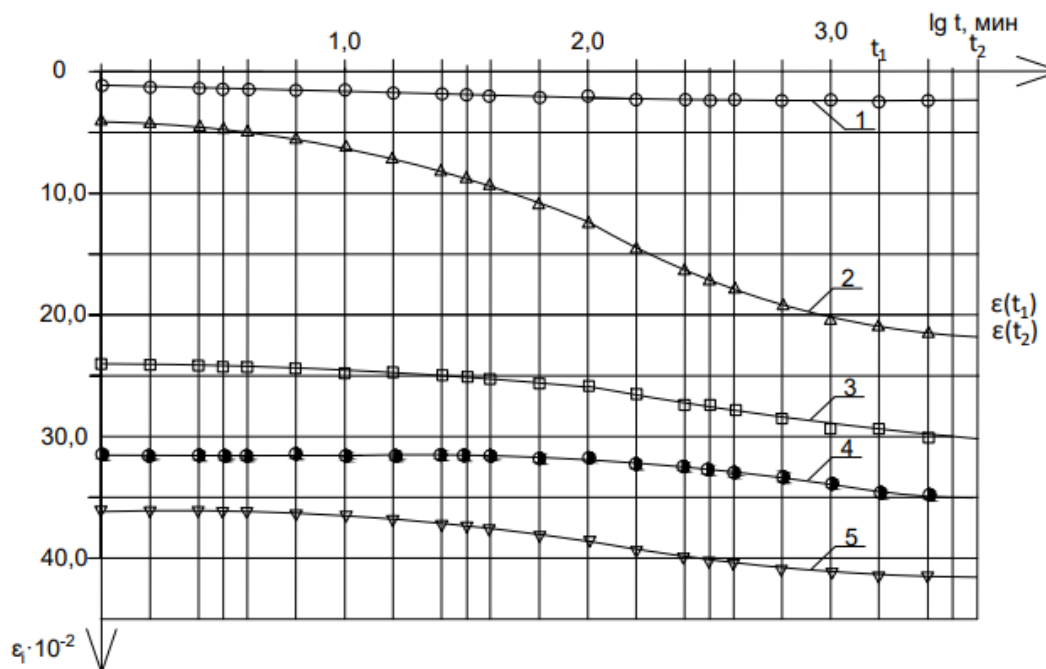


**Расми 2. Намунагирандаи хок: а) – ба қисмҳо ҷудошуда
б) — дар ҳолати ҷамъшуда бо камераи пушидаи хок-кабулкунанда.**

Ҳангоми гузарондани тадқиқотҳои таҷрибавии хокҳои гилини сусти аз об сершуда, асбобҳои компрессионии сохта шудаи С.Р.Месчан ва асбобҳои компрессионие, ки чун мачмуа бо намунагирандаи хок сохта шудаанд, инчунин асбобҳои фишурдани сетираи навъи радиалии (навъи Б), ки муайян намудани характеристикаҳои тағйири шакл ва филтратсияи хокро дар сатҳҳои гуногуни боркунӣ имкон медиханд. Қиматҳои фишори зиёдатии ковокҳо, ки дар намунаҳои хокҳои гилини аз об сершуда хангоми гузоштани бори беруна ба вучуд меоянд, бо истифода аз гирандаҳои фишори ковокҳои навъи компрессионӣ ва қатравӣ муайян карда шуданд.

Дар боби сеюм “*Натиҷаҳои тадқиқотҳои хокҳои лойи сусти аз об сершуда*” натиҷаҳои таҳқиқоти лабораторӣ санҷиши фишурдашавии хокҳои аз об сершуда дар зери таъсири борҳои беруна, вақти мӯътадилшавии тағйири шакл, муайян кардани андозаҳои таровиш ва реологӣ ва муайян кардани хусусияти парокандашавӣ хангоми фишори ковокиҳо, дар вақти гузоштани

бори беруна дида баромада мешавад. Тадқиқотҳои гузаронидашуда нишон доданд, ки барои хокҳои сусти аз об сершудаи лойкадор, арзишҳои калони тағйири шакли нисбии намунаҳо, ҳатто дар марҳилаҳои ночизи аввалаи зина ба зина гузоштани бор, хос мебошанд. Натиҷаи тадқиқоти намунаи хок аз чуқурии 2,40 - 2,70 м (чоҳи № 941) дар марҳилаҳои гуногуни боркуни дар расми 3 нишон дода шудааст.

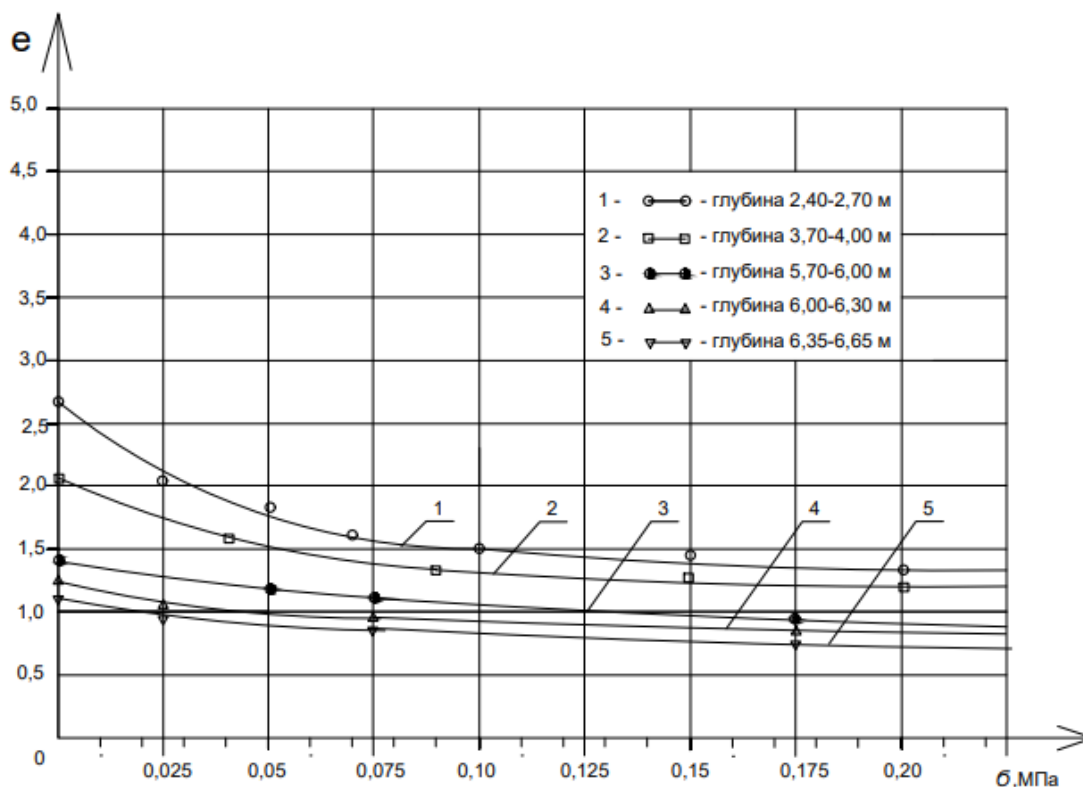


Расми 3. - Вобастагии тағйири шакли нисбӣ (ϵ) аз логарифми вақт ($\lg t$, мин.) намунаи хок аз сатҳи ÷ 22,40,70 м (чоҳи № 941): 1 - $\sigma = 0,01$ МПа; 2- $\sigma = 0,03$ МПа; 3 - $\sigma = 0,06$ МПа; 4 - $\sigma = 0,10$ МПа; 5- $\sigma = 0,20$ МПа

Мувофиқи расми 3, дар тахти бори фишорандаи 0,02 МПа, арзиши тағйири шакли нисбии намуна $\epsilon = S/H_0 = 0,41$ (41%) баландии ибтидоиро ташкил дод, ки ин хокҳо ба фишурдашавии баланд хос ҳастанд. Хатҳои компрессионии намунаҳои омӯхташудае, ки аз чуқуриҳои гуногун дар чоҳи № 941 гирифта шудаанд, дар расми 4 нишон дода шудаанд.

Барои хокҳои гилии сусти аз об сершуда пастшавии тағйирпазирии шакли намунаҳо қадри чуқурии қисмати замин мушоҳида карда мешавад. Зухуроти зичшавии хок дар ҳолати аввалаи (табӣ) ибтидоии шиддатноку-тағйирёбии шакл дар зери таъсири қувваҳои ҷозоба мебошад. Ин факт зарурияти ба назар гирифтани ҳолати шиддатноку-тағйирёбии шакли хокро, ҳангоми пешгуӣ кардани такшинии биноҳо ва иншоот дар ин заминҳо сохташуда, ҳангоми ба қисмати замин гузоштани борҳои берунаи амалкунанда тасдиқ мекунад.

Хатҳои ҳислатҳои хос доштаи, тағйирёбии коэффисиенти фишори ковокҳо (β_0) ва тағйири шакли нисбии ($\epsilon = S/H_0$) намунаҳо аз логарифми вақт дар



Расми 4. Хатҳои компрессионии омӯхташудаи хокҳои чоҳи № 941.

(*lgt*, мин) расми 5 нишон дода шудаанд. Муайян карда шуд, ки арзишҳои коэффисиенти фишори сӯрохиҳо аз бисёр ҷиҳат аз дараҷаи намии намунаи хок вобаста аст. Ҳамин тариқ, дар дараҷаи намии $S_r = 0,98$, арзишҳои коэффисиенти фишори ибтидоии $\beta_0 = 0,96$ ва дар $S_r = 0,93$ арзишҳои коэффисиенти фишори ибтидоии ковокҳо баробаранд $\beta_0 = 0,79$.

Дар кори диссертационӣ дар баробари заминҳои лойдор, зардхокҳои серобшудаи минтақаи ноҳияи Данғараи Республикаи Тоҷикистон ба назар гирифта шудаанд. Ин минтақа бо сатҳи тағйирёбандаи обҳои зеризаминӣ маълум аст, ки мавсимӣ дар минтақаҳои паст ба руи замин мебароянд ва сохтмони биноҳо ва иншоотро мушкул мекунанд.

Хатҳои тағйирёбии коэффисиенти ковокӣ (e) ва дараҷаи намигӣ (S_r) аз чуқурии гирифташудаи хок (z), дар расми 6 нишон дода шудаанд.

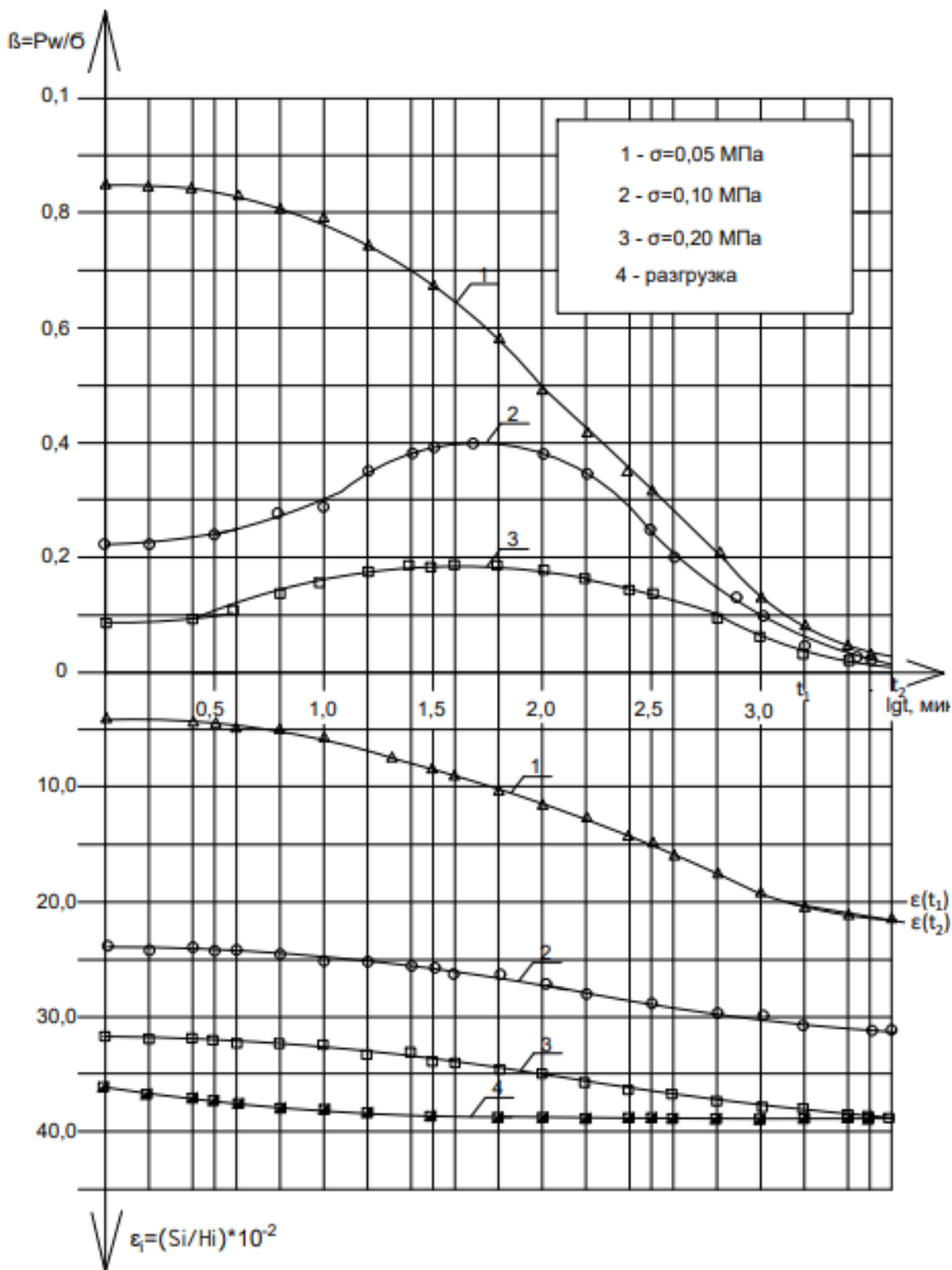
Тағйирёбии коэффисиентҳои ковокии намунаҳои зардхокҳои аз об сершуда аз руи чуқурӣ гирифташуда, монанди хокҳои лойдори аз об сершуда, бомуваффақият бо вобастагии шакли экспоненсиалии зерин, апроксиматсия карда мешаванд:

$$e = e_0 - b\{1 - \exp(-az)\} \quad (1)$$

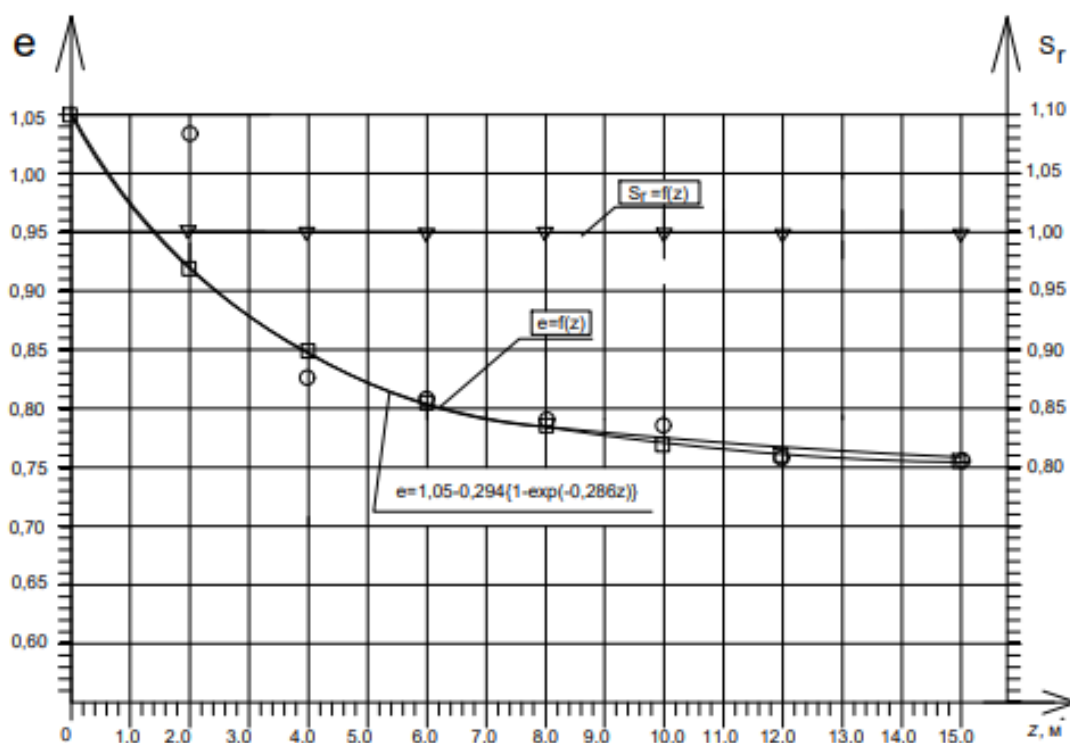
ки e - арзиши ҷорӣ коэффисиенти ковокӣ;

e_0 - арзиши ибтидоии коэффисиенти ковокӣ;

a, b – коэффитсиентҳо, инчунин a (m^{-1}) .



Расми 5. Тағйирёбии коэффисенти фишори ковокхо (β) ва тағйири шакли нисбӣ (ϵ) бо мурури вақт ($lg t, min$) намунаи хоки баландиаш $H = 40$ см, ки аз чуқурии 4,75 - 5,05 м гирифта шудааст (чохи № 1481) бо борфурории минбаъдаи намунаи хок (хати 4).



Расми 6. Хатҳои тағйирёбии коэффисиенти ковокӣ (e) ва дараҷаи намигӣ (S_r) аз рӯи чуқурӣ (z) дар қитъаи замини зардхоки аз об сершуда (Вилояти Хатлон, объекти «Беморхона», чоҳи № 1)

Қиматҳои андозаҳои e_0 , a ва b , ба ин вобастагӣ дохилшуда бо истифода аз усули инхирофҳои квадратии камтарин муайян карда мешаванд.

Дар боби чорум “Асосҳои назариявии муттаҳидшавии ғайрихаттии хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти ҳолати шиддатнокӣ шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ” асосҳои назариявии тақвияти хокҳои гилини сусти аз об сершуда бо назардошти ҳолати шиддатноку-тағйирёбии шакли ибтидоӣ оварда шудаанд. Дар қор масъалаи муайян намудани тағйирёбии шакли ҳаҷмии ғайририҷишавӣ, ҳангоми гирифтани намуна аз хоки гилини сусти аз об сершуда, баррасӣ шудааст.

Дар ин қор ҳалли масъалаи муайян намудани тағйирёбии шакли ҳаҷмии ғайририҷишавӣ (разуплатнение), ҳангоми гирифтани намуна аз хоки гили сусти аз об сершуда дар шакли вобастагии зерин, ба даст оварда шудааст:

$$\Delta e = \frac{-e^{II}(1+e^{II})\Delta\sigma}{\{(n^{II}/\alpha_z)+(1/\alpha_w)+(1+2e^{II})\Delta\sigma\}} \quad (2)$$

ки e^{II} , n^{II} – андозаҳои коэффисиенти ковокӣ ва ковокии намунаи хок дар сатҳи замин;

$\Delta\sigma$ - тағйирёбии шиддатҳои умумие, ки ҳангоми гирифтани намунаҳо таъсир мекунад;

$\alpha_z = \left(\frac{1-2\nu}{E_{el}} \right) / \Delta\sigma_z$ - коэффициенти васеъшавии ҳаҷмии скелети хок,

$\nu = 0,42$ – таносуби Пуассон

E_{el} – модуль упругости при декомпрессии (фурувардан) хок;

$\Delta\sigma_z$ – тағйир ёфтани фишорҳои самарабахш ҳангоми ба руи замин баровардани хок.

$\alpha_w = \frac{1}{\Delta\sigma_w} \left(1 - \frac{S_r^{II}}{S_r^I} \right)$ коэффициенти васеъшавии ҳаҷми моеъи ковокӣ;

$\Delta\sigma_w$ – афзоиши фишори бетараф дар ковокиҳои хок, ҳангоми аз чуқурӣ баровардани намуна ба рӯи замин;

S_r^I, S_r^{II} – мувофиқан дараҷаи намии намуна аз чуқурии гирифтани намуна ва руи замин).

Дар қор тарзҳои гирифтани хоки сусти аз об сершуда дар шароитҳои гуногуни муҳандисӣ ва геологӣ оварда шудааст:

- 1) — аз қисмати замини лойдор, ки дар зери қабати об хобидааст;
- 2) - аз қисмати замини зардҳоки аз об сершуда;
- 3) — дар сурати аз об пурра сер нашудани зардҳоқо ва сатҳи тағйирёбандаи обҳои зеризаминӣ.

Барои тарзҳои баррасишуда, арзишҳои фишорҳо (умумӣ, самаранок ва бетараф) ба намуна ҳангоми интиҳоби онҳо аз қисмати замин ва пайдарпаии муайянкунии онҳо ба даст оварда шуданд.

Камшавии қувваҳои таъсиркунанда ба намуна, боиси тағйирёбии радиусҳои гази дар монда, дар моеъи ковокӣ мегардад. Усули муайян кардани радиусҳои ҳубобчаҳои газ дар руи замин (r^{II}) ва дар чуқурии намуна баррасӣ карда шудааст (r^I). Дар ҳолати нопурра аз об сер шудани қисмати замини зардҳоқ аз сатҳи обҳои зеризаминӣ баландшавии капиллярии моеъи ковок ($h_{\text{кап}}$), вобаста аз андозаи ҳубобчаҳои гази дармонда мушоҳида мешавад. Дар асоси формулаи Борелли-Журен дар сурати нопурра аз об сер шудани массив усули муайян кардани баландии болоравии моеъи ковок ($h_{\text{кап}}$) аз сатҳи оби зеризаминӣ пешниҳод шудааст.

Дар асоси қонуни изотермии Бойл-Мариотта ва қонуни Генри дар бораи ҳалшававии газҳо масъалаи муайян кардани дараҷаи намии хок дар чуқурии намуна (S_r^I) аз рӯи қиммати он дар руи замин (S_r^{II}) ҳал карда шуд.

Қиматҳои ба даст омадаи номаълумҳо, ки ба вобастагии (2) дохил карда шудаанд, имкон медиҳанд, ки арзишҳои коэффициентҳои ковокии намунаҳо дар чуқурии гирифтани, аз арзишҳои онҳо дар руи замин муайян карда мешаванд.

Тағйирёбии фишори табиӣ қабати хоки аз об сершуда, дар чуқурии қисмати замин, аз рӯи вобастагии зерин муайян карда мешавад.

$$\sigma_z = D_0 \ln[B_0 + C_0 \exp(az)] + 2T \left(\frac{1}{r^I} - \frac{1}{r_0^I} \right) \quad (3)$$

f_0 – коэффициент андозаҳо ($1 \text{ кН} / \text{м}^3 \cdot 10^{-3} \text{ МПа/м}$),

$$B_0 = b / (1 + e_0) \quad (4)$$

$$C_0 = [1 - b / (1 + e_0)] \quad (5)$$

$$D_0 = (\gamma_s - \gamma_w) / f_0 a (1 + e_0 - b) \quad (6)$$

Ҳалли муштраки (1) ва (3) ба намуди вобастагии зерин оварда мерасонад.

$$e = e_0 - b \left\{ 1 - \frac{C_0}{\left[\exp\left(\frac{\sigma_z^I}{D_0}\right) - B_0 \right]} \right\} \quad (7)$$

$$\sigma_z^I = \sigma_z - 2T \left(\frac{1}{r^I} - \frac{1}{r_0^I} \right) \quad (8)$$

ки r_0^I – арзиши радиусҳои хубобчаҳои газ дар r^I замин аст.

Вобастагӣ (7) қонуниятҳои тағйирёбии коэффициентҳои ковоқӣ (e) дар қабати сусти хоки аз об сершуда аз вазни худ (σ_z^I), аз ҳисоби зухуроти қувваҳои ҷозоба мебошад. Истифодабарии муодилаи (3) имкон дод, ки усули ҳисоб кардани консолидацияи хоки гилини сусти аз об сершуда бо ба назар гирифтани ҳолати ибтидоии шиддат, кор карда шавад.

Ба сифати постулат дар қори диссертатсионӣ аналогияи байни равандҳои фишурдани хокҳои гилини сусти аз об сершуда дар ва фишурдани хок дар шароити компрессионӣ қабул карда шудааст. Дар ин маврид ду шарт ба назар гирифта шудааст:

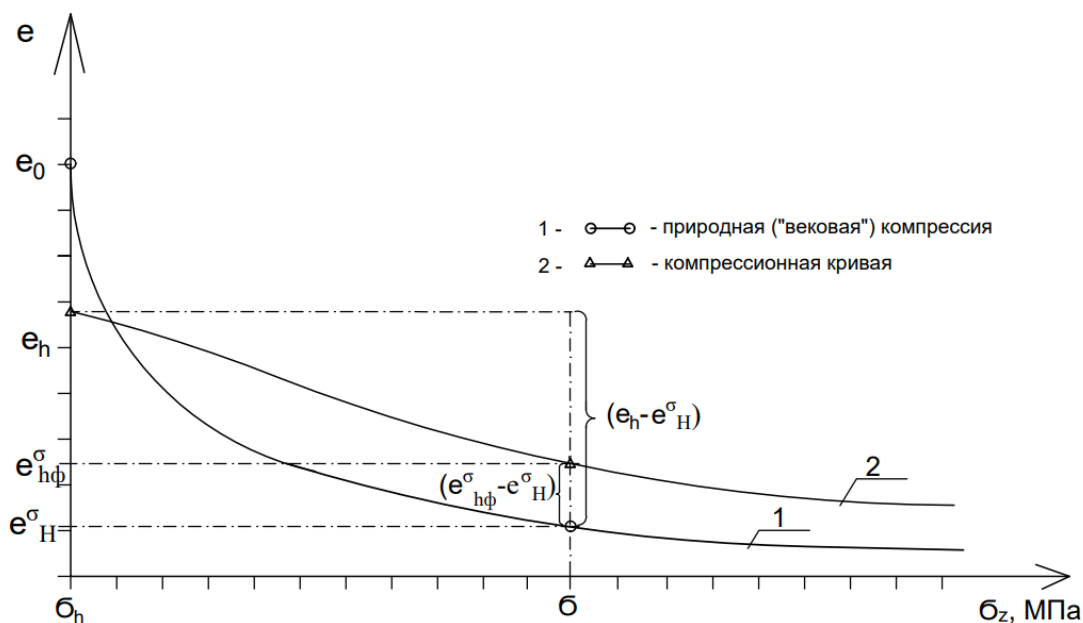
1) – дар қисмати замин дар чуқурии z ба замин таъсири худӣ вазни қабатҳои болоии хок (σ_{zg}) баробар ба $\sigma_{zg} = \sigma$.

2) – ба намунаи хок дар дастгоҳи компрессионӣ қувваи амалкунандаи (σ) гузошта мешавад, ки арзишаш ба қувваи табиӣ (σ_{zg}), т.е. $\sigma = \sigma_{zg}$. баробар аст

Ҳангоми муқоиса намудани ҳаҷми компрессияи табиӣ ва натиҷаҳои таҳқиқотҳои компрессионӣ дар вақти ба итмом расидани таровиши тақвият (филтрационная консолидация), 2 ҳолат имконпазир аст:

1) Хати қачи компрессияи табиӣ дар ҳолати ибтидоии шиддатнокутағйирёбии шакл поентар аз хати қачи таровиши тақвияти анҷомёфта, дар шароити лабораторӣ мегузарад (расми 7).

Нишондиҳандаи ҳадди равиши табиӣ (η) – ро ҷорӣ мекунем



Расми 7. Барои муайян кардани қиммати консолидации дуумдараҷа дар қисмати замини хокҳои гилини аз об сершуда: 1 – хати қачи компрессияи табиӣ; 2 – хатти таровиши тақвияти баитмом расида аз қувваи амалқунандаи σ

$$\eta = \frac{(e_{h\phi}^{\sigma} - e_H^{\sigma})}{(e_h - e_H^{\sigma})} \quad (9)$$

ки e_h коэффициентҳои ибтидоии ковокии намунаи хок аз чуқурии h гирифта шуда, дар асбоби компрессионӣ санчида мешавад;

$e_{h\phi}^{\sigma}$ - коэффициентҳои ковокии намуна дар дастгоҳи компрессионӣ ҳангоми анҷоми таровиши тақвият аз қувваи σ (аз рӯи усули Казагранде);

e_H^{σ} - коэффициентҳои ковоқӣ дар ҳолати ибтидоии шиддатноку-тағйирёбии шакл (компрессияи табиӣ) аз вазни худӣ қабатҳои болоӣ, баробар ба $\sigma = \sigma_{zg}$.

Арзишҳои "ченаки хазандагон" η метавонанд дар доираи

$$0 \leq \eta \leq 1 \quad (10)$$

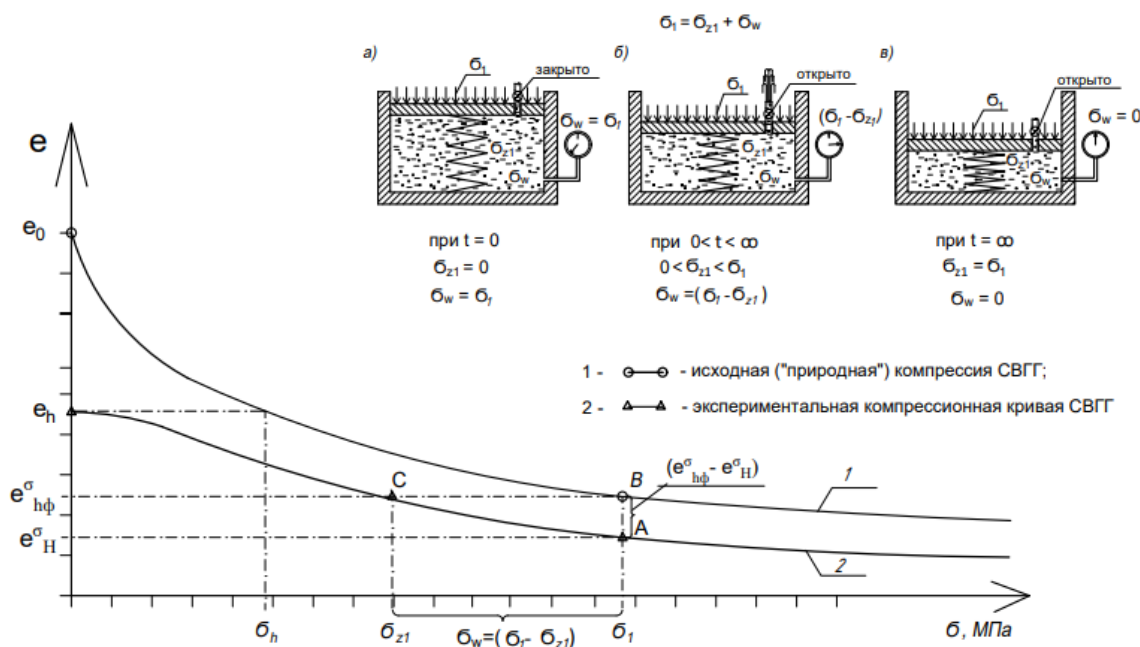
фарқ кунанд.

2) – хати қачи компрессияи табиӣ дар ҳолати ибтидоии шиддатноку-тағйирёбии шакл аз хати қачи тадқиқотҳои компрессиони болотар мегузарад (расми 8). Ин ҳолат барои хокҳои камзичшудаи сусти аз об сершуда дар ҳолати ибтидоии шиддатноку-тағйирёбии шакл хос хоҳад буд.

Чунон ки аз расми 8, дида мешавад, қимати кам зичкунии хок ($e_{h\phi}^{\sigma} - e_H^{\sigma}$) дар қисмати замин аз бори фишурдакунанда σ_1 , бо арзиши фишори бетарафи $\sigma_{w1} = (\sigma_1 - \sigma_{z1})$, муайян карда мешавад.

Ин ҳолат дар сурати мавҷуд набудани роҳҳои дренажии моеъи ковоқҳо ва пайдоиши шароити "системаи пӯшида" дар қисмати замин мушоҳида мешавад.

Хангоми коркарди ковту ковҳои инженерии геологii хокҳои сусти аз об сершуда, дар намунаҳои интихобшуда инчунин ходисаҳои ба вучуд омадани кабатҳои дигаргунаи хок, ки ба бузургии тағйирёбии шакли умумии хок таъсир мерасонанд, боқимондаҳои органикӣ (пулаҳо-ракушки) ($\chi_i^{обр}$), дида мешаванд.



Расми 8. Муайян кардани кам зичкунии табиӣ дар қисмати замини хокҳои гилини аз об сершуда: 1 – хати қачи компрессиияи табиӣ; 2 – хати қачи компрессионӣ аз рӯи натиҷаҳои таҷриба

Дар қор усули ба инобат гирифтани боқимондаҳои органикӣ дар намунаҳои хок (χ_M) ва кабатҳои хок, ки аз ҳамдигар бо арзиши тағйирёбии шакли пешбинишуда фарқ мекунанд, баррасӣ карда мешавад.

Дар боби панҷум “*Ҳалли рақамии масъалаи муттаҳидшавии хокҳои лойии сусти аз об сершуда бо дарназардошти ҳолати шиддатнокӣ шаклтағйирдиҳии ибтидоӣ*” ҳалли масъалаи консолидацияи кабати хоки сусти аз об сершуда бо назардошти тағйирёбии шакли гайрихатти ва гузариши тағйирёбанда, инчунин маълумот дар бораи ҳолати ибтидоии шиддатнокӣ тағйирёбии шакл, дар ҳолати ҷойгиршавии табиӣ онҳо дида мешавад.

Ҳалли масъала ба ҳалли муодилаи дифференсиалии консолидатсия бо назардошти ҳосияти фишурдашавии моеъи ковоки газдор ва тағйирёбии шакли гайрихаттӣ ва гузариш дар намуди зерин оварда шудааст.

$$\frac{\partial e}{\partial t} + a_w e \frac{\partial P_w}{\partial t} = \frac{(1+e)f_0}{\gamma_w} \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial P_w}{\partial z} \right) \quad (11)$$

ки дар он a_w – фишурдани моеъи ковоки газдор баробар аст ба

$$a_w = \frac{1 - S_r(1 - \mu)}{P_{ат}} \quad (12)$$

$f_0 = 1000$ - коэффициент андозаҳо, ($1 \text{ кН/м}^3 = \frac{1}{f_0} \text{ МПа/м}$)

Қиматҳои коэффициентҳои ковоқӣ (e) ҳангоми компрессияи хокҳои сусти аз об сершуда бо вобастагии намуд бомуваффақият аппроксиматсия карда мешаванд.

$$e = e_0 - b\{1 - \exp[-a_1(\sigma - P_w)]\} \quad (13)$$

Қиматҳои коэффициентҳои таровиш (фильтрация) дар ин ҳолат бо муодилаи шакли зерин тавсиф карда мешаванд

$$k = k_0 \psi^n \quad (14)$$

Дар ин ҷо $\psi = \exp[-a_1(\sigma - P_w)] \quad (15)$

баъд $e = e_0 - b(1 - \psi) \quad (16)$

Пас аз ворид кардани қайдҳо ва баъзе тағйиротҳо, мо муодилаи таровиши тақвияти ҳалшавандаро дар шакл зерин пайдо мекунем

$$\left[\frac{a_w B + (a_1 + a_w)\psi}{a_1 \psi(A + \psi)} \right] \frac{\partial \psi}{\partial t} = C_V^{(0)} \frac{\partial}{\partial z} \left[\psi^{n-1} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right] \quad (17)$$

дар ин ҷо

$$A = (1 + e_0 - b)/b; \quad B = (e_0 - b)/b \text{ и}; \quad C_0 = k_0 f_0 / \gamma_w a_1 \quad (18)$$

Вобастагии пайдошудаи (17) муодилаи дифференциалии таровиши тақвият бо дарназардошти фишурдашавии моеъи ковоқҳои газдор, тағйирёбии шакли ғайрихатти ва гузариши тағйирёбанда мебошад.

Ин муодилаи дифференциалӣ барои ҳолати дренажи дутарафаи моеъи дар шароити ибтидоӣ ва сарҳадӣ ҳал карда шудааст:

$$t = 0; \quad \psi = \exp[-a_1 \sigma (1 - \beta_0)] = \psi_0 \quad (19)$$

$$\left. \begin{array}{l} z = 0 \\ z = h \end{array} \right]; \quad \psi = \exp(-a_1 \sigma) = \psi_2 \quad (20)$$

Барои ҳалли муодилаи (17) мо усули гузариш аз муодилаи ғайрихаттӣ ба муодилаи квазихаттӣ бо роҳи истифода намудани ивазкуниҳои интегралӣ амал кардем:

$$H(\psi) = \int_{\psi_{min}}^{\psi} \frac{a_w B + (a_1 + a_w)\psi}{C_V^{(0)} a_1 \psi(A + \psi)} d\psi \quad (21)$$

$$\Phi(\psi) = \int_{\psi_{min}}^{\psi} \psi^{n-1} d\psi = \frac{1}{n} (\psi^n - \psi_{min}^n)$$

Ки ψ_{min} қимати минималии функсия дар фосилаи тағйирёбӣ

$$(P_w = 0, \quad \psi_{min} = \psi_2 = \exp(-a_1 \sigma))$$

Бо назардошти ин ивазкуниҳо муодилаи (17) ба шакли зерин табдил дода мешавад:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \quad (22)$$

Функсияҳо $H(\psi)$ ва $\Phi(\psi)$ дар ин ҳолат аз арзиши фишори ковокиҳо вобастаанд.

Муодилаи натиҷавӣ барои тамоми минтақаи омӯзишӣ дуруст аст ва ҳама ғайриҳаттиҳо ба ифодаҳои барои $H(\psi)$ ва $\Phi(\psi)$ дохил мешаванд. Аз ин рӯ, функсияҳои зери аломати интеграл метавонанд ихтиёрӣ бошанд.

Дигаргун сохтани муодилаи (17) зарурати тағйир додани, мувофиқан, шароитҳои ибтидоӣ ва сарҳадӣ, ки бо интегралсияи функсияҳо (21) муайян карда мешавад, талаб мекунад.

Дар ин ҳолат, шартҳои ибтидоӣ ва сарҳадӣ чунин шаклро мегиранд:

$$t = 0; \quad H(z, 0) = \frac{1}{C_v^{(0)}} \ln \left\{ \left(\frac{A + \psi_1}{A + \psi_{min}} \right)^{(1 + a_w/a_1)} \left[\left(\frac{A + \psi_{min}}{A + \psi_1} \right) \frac{\psi_1}{\psi_{min}} \right]^{(a_w B/a_1 A)} \right\}$$

$$\Phi(z, 0) = \frac{1}{n} (\psi^n - \psi_{min}^n) \quad (23)$$

$$\left. \begin{array}{l} z = 0 \\ z = h \end{array} \right]; \quad H(z, t) = 0; \quad \Phi(z, t) = 0 \quad (24)$$

Ҳангоми ҳалли масъала, ба чоп арзишҳои фишори ковокиҳо $P_w(z, t)$, ва дараҷаи муттаҳидшавӣ $U(t)$ дар нуқтаҳои тахминии вақт бароварда мешаванд.

Дар назарияи таровиши тақвият дараҷаи зичшавӣ ($U(t)$) нисбат ба андозаҳои ибтидоӣ ва майдони шиддатноки мувофиқ, дар қисмати замин муайян карда мешавад.

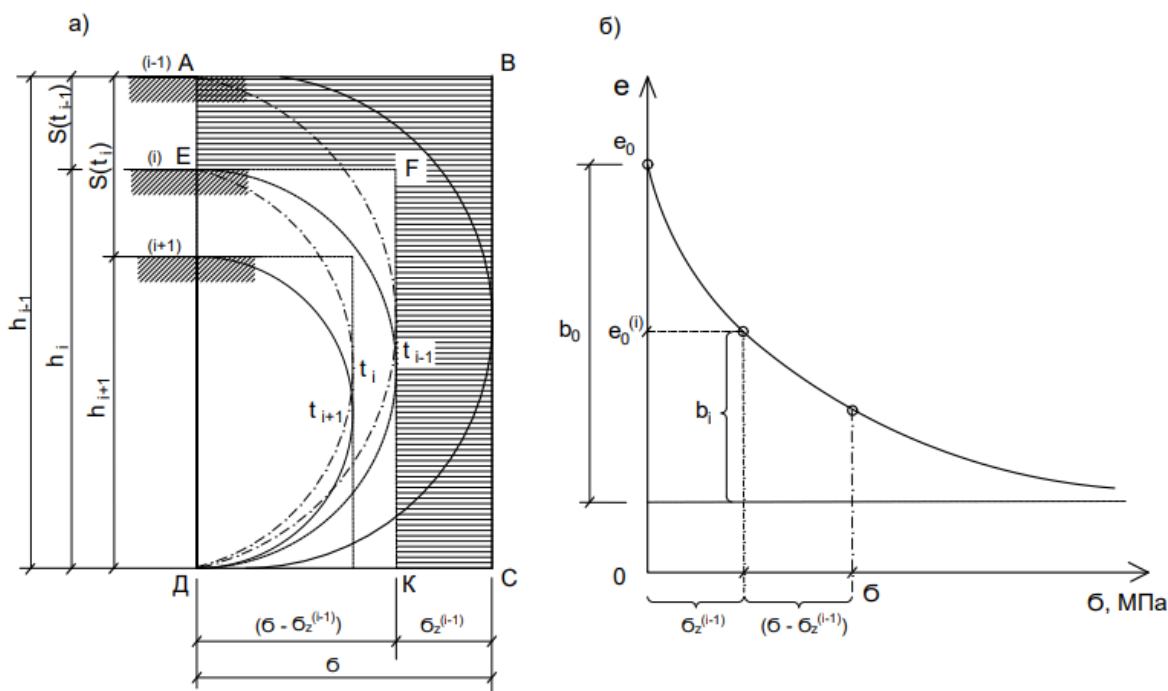
Натиҷаҳои тадқиқоти хокҳои сусти аз об сершуда нишон доданд, ки ба онҳо фишурдашавии баланд хос аст, масалан, $\sigma = 0,2$ МПа, андозаи тағйирёбии шакли нисби ба $\varepsilon = 0,4 \div 0,45$ баробар мешавад.

Аз сабаби фишурдашавии баланди хокҳои гилини сусти аз об сершуда, дар раванди тағйирёбии шакли қисмати замин, тағйироти баландии ибтидоӣ мушоҳида мешавад, яъне. тағйир ёфтани андозаҳои геометрии он. Ин боиси камшавии роҳҳои таровиш (филтратсия) ҳангоми захбури (дренаж) моеъи ковок

мегардад.

Барои муайян кардани таъсири ин омил ба суръати тағйирёбии шакли хок, усули ҳисобкунии марҳилавӣ таҳия карда шудааст, ки он ба ҳисоб гирифтани тағйирёбии хусусиятҳои асосиро ҳангоми тағйирёбии баландии қисмати замини гилҳои сусти аз об сершуда дарбар мегирад.

Моҳияти усул дар он аст, ки тамоми фосилаи таровиши $0 \leq t \leq t_{\text{фк}}$ ба фосилаи M тақсим карда шуд, ки ҳар кадоми онҳо ба марҳилаи камшавии баландии массив мувофиқат карда, N қадамро дар воҳиди вақт дар бар мегирад (расми 9).



Расми 9. Нақшаи ҳисобкунӣ оид ба масъалаи таровиши тақвият дар ҳолати тағйирёбии баландии қисмати замин дар воҳиди вақт

Дар дохили ҳар як фосила $t_{i-1} \leq t \leq t_i$ баландии қабати h_i доимӣ ҳисоб карда шуд. Дар он ҳолат, принципи ҳисобу китоб аз он иборат буд, ки дар охири марҳилаи $(i - 1)$ – ум, яъне, дар мавриди $t = (t_{i-1})$, дараҷаи тақвият $U = (t_{i-1})$ ва фишори максималии ковокҳо баробар ба $P_z^{(i-1)} \Big|_{z=\frac{h}{2}}$ фишори камзичкунӣ $(\sigma - \sigma_{z(\text{min})}^{(i-1)})$ муайян карда, бо истифода аз формулаи дараҷаи тақвият

$$U(t) = \frac{S(t)}{S_{\text{фк}}^{(0)}} \quad (25)$$

миқдори тағнишинӣ $S(t_{i-1})$, мувофиқи марҳилаи $(i - 1)$ -ум ва фишорҳои муфид $\sigma_z^{(i-1)}$ муайян карда шуд.

Бо дарназардошти тағнишинии аллақай ба амалода $S(t_{i-1})$ ва фишорҳо $\sigma_z^{(i-1)}$ қисмати замин бо баландии h_i мувофиқ ба марҳилаи оянда ташкил карда шуд, ки дар он хусусиятҳои нави ҳисобӣ (расчетные) ва фишори ибтидоӣ $\sigma_z^{(i)}$. Пас аз анҷоми марҳилаи $(i - 1)$ ум, қиммати тағнишинӣ $S(t_{i-1})$ ба даст омад (расми 8. а).

Дар ин ҳолат, қиммати ҳадди ақали фишорҳои муфид, ки скелети хок, дар мобайни қисмати замин қабул мекунад, ба $\sigma_z^{(i-1)}$ баробар мешавад. Дараҷаи зичшавӣ бо таносуби қисми сояафкан ба масоҳати росткунҷаи ABCD тавсиф карда мешавад.

Баландии нави қисмати замин барои марҳилаи i –уми ҳисоб, баробар ба

$$h_i = h_{i-1} - S(t_{i-1}); \quad (26)$$

қабул карда шуд ва масоҳати нави фишори ибтидоӣ ба масофаи росткунҷаи EF KD баробар гирифта шуд:

$$\sigma_z^{(i)} = \sigma - \sigma_z^{(i-1)}; \quad (27)$$

Ҳамзамон, ҳамаи хусусиятҳои ҳисобшуда дар вобастагӣ (13) - (18) аз рӯи вобастагҳои зерин аз нав ҳисоб карда шуданд (ниг. расми 8) . б).

$$e_0^{(i)} = e_0^{(i-1)} - b^{(i-1)} \cdot \left[1 - \exp\left(-a_1 \sigma_z^{(i-1)}\right) \right]; \quad (28)$$

$$b^{(i)} = b^{(i-1)} - \left(e_0^{(i-1)} - e_0^{(i)} \right) \quad (29)$$

$$k_0^{(i)} = k_0 \cdot \left[1 - \exp\left(-na_1 \sigma_z^{(i-1)}\right) \right] \quad (30)$$

$$C_{Vi}^{(0)} = k_0^{(i)} / \gamma_w a_1 \quad (31)$$

$$A_i = \left(1 + e_0^{(i)} - b^{(i)} \right) / b^{(i)} \quad (32)$$

$$B_i = \left(e_0^{(i)} - b^{(i)} \right) / b^{(i)} \quad (33)$$

Қиммати тағнишинии пурраи росткунҷаи EFCD барои марҳилаи i - ум баробар мешавад ба

$$S_{\text{фк}}^{(i)} = \left[1 - \exp\left(-a_1 \sigma_z^{(i)}\right) \right] \cdot \left\{ h_i - \frac{1}{a} \ln \left[\frac{1 + A_i \exp(ah_i)}{1 + A_i} \right] \right\}; \quad (34)$$

Азбаски дараҷаи тақвият дар марҳилаи i -ум нисбат ба қисмати замини

нави $E F KD$ муайян карда мешавад , пас барои аз нав ҳисоб кардани он нисбат ба андозаҳои ибтидоии массиви $ABSD$, вобастагии зерин истифода шуд:

$$U^0(t) = 1 - [1 - U_i(t_i)] \frac{S_{\phi k}^{(i)}}{S_{\phi k}^{(0)}}; \quad (35)$$

$U^0(t)$ - дараҷаи консолидацияи массив барои баландии ибтидоии он дар лаҳзаи вақт t ;

$U_i(t_i)$ - дараҷаи тақвият дар баландии тағйирёфтаи қисмати замин h_i ва фишорҳои ибтидоӣ $\sigma_z^{(i)}$ дар вақт t .

Дар боби шашӯм “Татбиқи амалии натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ ва назариявиро, ки дар бобҳои қаблӣ баррасӣ шудаанд , оварда шудаанд . Намунаи ҳисоб кардани тағйири шакл ҳаҷмии хок ҳангоми гирифтани намуна аз массив (Δe).

Мувофиқи таркиби гранулометрии хок дар сатҳи замин ва аз рӯи таркиби гранулометрӣ қиммати радиуси ҳубобчаҳои гази дармондашуда (защемленного) дар сатҳи замин ($r^I = 12$ мкм) муайян карда шудааст.

Мувофиқи вобастагии пешниҳодшуда қимати радиуси ҳубобчаҳои гази дармондашуда дар чуқурии гирифташуда ($r^I = 9,32$ мкм) ҳисоб карда шуд. Қимати тағйирёбии нисбии радиуси ҳубобчаҳои гази дармондашуда дар ин ҳолат 22,3% ташкил меод.

Донистани радиуси ҳубобчаҳои гази дармондашуда дар чуқурии гирифташуда имкон дод , ки варианти сершавии нопурраи аз об дар қисмати замини зардхок ва сатҳи тағйирёбандаи обҳои зеризаминӣ бо истифода аз формулаи Борелли-Юрин барои ҳисоб кардани баландии болоравии капиллярии моеъи ковокӣ, ки $h_{\text{кап}} = 1,576$ м. –ро ташкил меод.

Мувофиқи дараҷаи намии намунаи хок дар руи замин, ки ба $S_r^I = 0,97$ баробар аст, дараҷаи намии намунаи хок дар чуқурии намуна муайян карда шуд, ки он ба $S_r^I = 0,998$ баробар шуд.

Қимати коэффисиенти фишурдани (дарозии) моеъи сӯрох ба $\alpha_w = -0,271$ (МПа⁻¹), ва арзиши коэффисиенти кашиши скелети хок ба $\alpha_z = -0,044$ МПа⁻¹ баробар шуд.

Ҳангоми гирифтани намунаи хок, қиммати ҳисобшудаи тағйирёбии коэффисиенти ковокӣ $\Delta e = -0,027$ буд. Дар ин ҳолат, қиммати нисбии афзоиши коэффисиенти ковокии хок, ҳангоми гирифтани намунаи 1,80%-ро ташкил мекард. Қиммати воқеии коэффисиенти ковокӣ дар қисмати замин, ҳолати ибтидоии шиддатноку тағйирёбии шакл ба $e^I = 1,473$ баробар хоҳад буд.

Ба ҳамин монанд, қимати афзоиши тағйирёбии шакли ҳаҷмии камзичшавӣ барои ҳамаи дигар намунаҳои хокҳои сусти аз об сершуда, ки аз қаҳри чоҳ гирифта шудаанд ва қиматҳои коэффисиентҳои ковокии намунаҳо дар қисмати замин барпо карда шуданд.

Мувофиқи қимматҳои муқарраршудаи коэффициентҳои ковоқӣ намунаҳо (e^I) дар ҳолати ибтидоии шиддатноку тағйирёбии шакл, хати қачи вобастагии " $e^I - z$ " сохта мешавад ва ин хати қач бо вобастагии намуди (1) апроксиматсия карда шудааст:

$$e = e_0 - b\{1 - \exp(-az)\}.$$

Қимматҳои коэффициентҳои e_0 , a ва b ба (1) дохилшуда барои ҳар як ҳоҷ бо усули квадратҳои хурдтарин интиҳоб карда шуданд.

Дар қори илмӣ ҳалли рақамии масъалаи тақвияти ғайрихаттии ҳоқҳои гилини сусти аз об сершуда бо назардошти тағйироти шакл ғайрихаттӣ, гузариши тағйирёбанда ва ҳолати ибтидоии шиддатноку тағйирёбии шакл оварда шудааст.

Баъзе натиҷаҳои ҳисобкунӣ дар расми 10 нишон дода шудаанд.

Аз сабаби қалон будани тағйирёбии шакли нисбии намунаҳои ҳоқ, дар зери таъсири қувваҳои беруна, дар қори илмӣ масъалаи таъсири баландии аз руи вақт тағйирёбандаи қисмати заминро ба суръати таровиши тақвият таҳлил карда шуд.

Моҳияти ин ҳисоб аз он иборат буд, ки дар охири ҳар як давраи (қадамҳои) ҳисоббарорӣ шартҳои масъала бо назардошти ба амал омадани тағйироти шакл ва тағйир ёфтани шартҳои ибтидоӣ ва сарҳадии давраи ҳисобкунии минбаъда аз нав тартиб дода мешуданд.

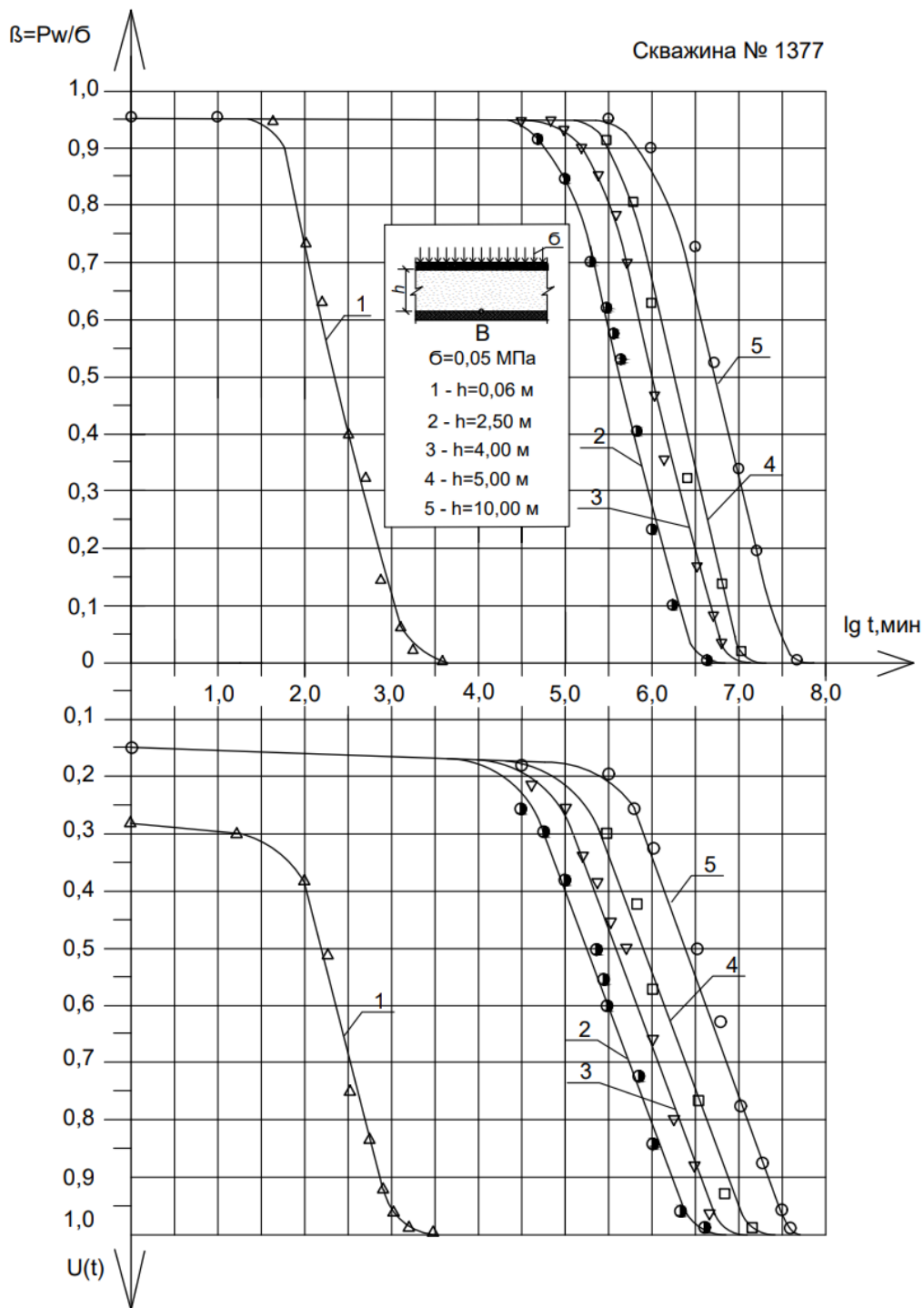
Дар ибтидо, қимматҳои дараҷаи тақвият дар баландии доимии қисмати замин дар давоми 50 сол (1000 қадам) ба даст оварда шуданд.

Ҳатти қачи ин вобастагӣ дар расми 11 (хати қачи 1) нишон дода шудааст.

Ҳисобкунии минбаъда аз ташаккули майдонҳои нави фишор ($\sigma_z^{(i)}$) ва баландиҳои қисматҳои замин (h_i) бо назардошти қимматҳои пайдошудаи тағшинӣ ($S(t_i)$) дар ҳар 200, 100 ва 50 ва 0,8 қадам, иборат буд, ки ба 10; 5; 2,5 ва 0,04 сол мувофиқат мекунад. Натиҷаҳои ҳисобҳои таровиши тақвият бо баландии тағйирёбанда дар мурури вақт, қисмати замин дар расми 11 нишон дода шудааст (хатҳои қачи 2, 3, 4 ва 5). Мувофиқи хатҳои қачи ба даст омада дидан мумкин аст, ки камшавии қадами дар воҳиди вақт боиси зуд-зуд ташаккул ёфтани шароити нави ибтидоӣ ва сарҳадӣ ва тезонидани анҷоми раванди таровиши тақвият мегардад.

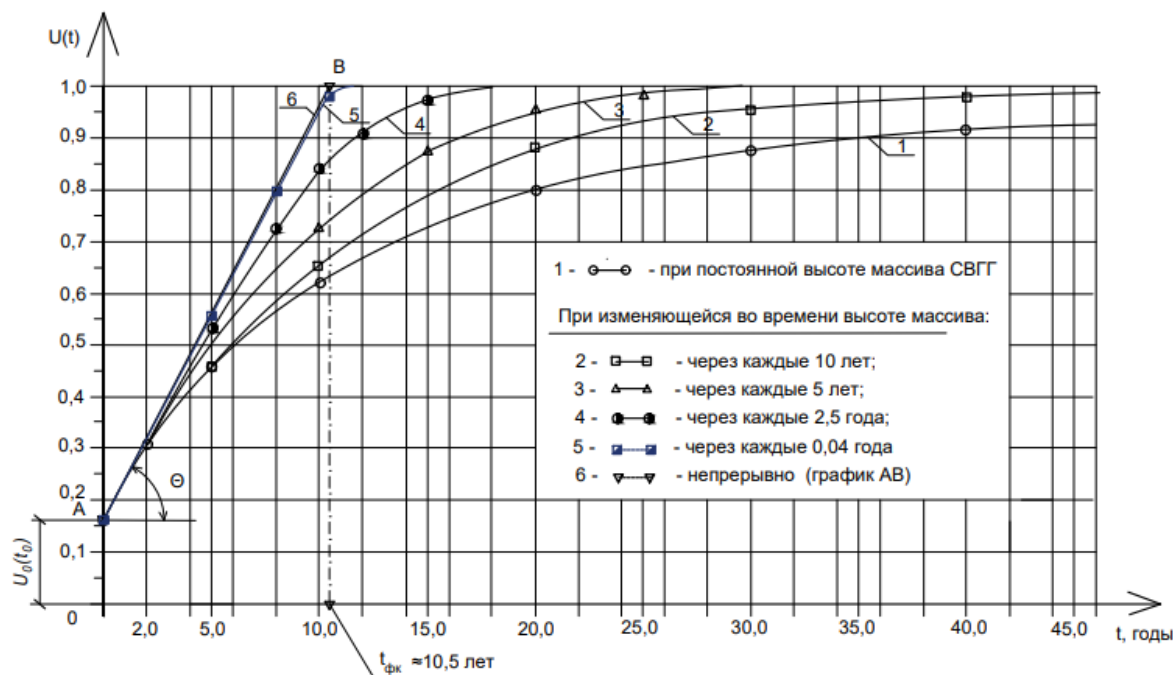
Ҳамин тариқ, барои мисол, агар қиммати як қадами вақтинча баробари 10 сол бошад, давраи муътадилшавӣ беш аз 40 солро дар бар гирифт (расми 11, хати қачи 2), лекин бо кам шудани қадами ҳисобӣ то 5 сол, 2,5 сол ва 0,04 сол, давраи муътадилшавии мутаносибан пас аз 25, 17 ва 11 сол мерасид (расми 11, хатҳои 3, 4 ва 5). Ҳангоми камшавии минбаъдаи қиммати қадами ҳисобӣ, хати қачи таровиши тақвият ба хати ба расанда наздик, дар нуқтаи шартан-лаҳзавии тағйирёбии шакл $U_0(t_0)$ наздик шуд, яъне ба сатри АВ (хати 6 дар расми 11).

Дар ин ҳолат, перпендикуляри аз нуқтаи В ба тири вақт t фаровардашуда,



Расми 10. Тағйирёбии коэффисиенти фишори ковокихо (β) ва дарачаи Таквият ($U(t)$) бо мурури вақт (lgt , мин) дар баландиҳои гуногуни хок (h)

вақти анҷоми раванди таровиши таквият $t_{\text{фк}} = 10,5$ лет), барои қисмати замин, ки баландиаш тағйирёбанда дар воҳиди вақт мебошад. Хати қачи тағйирёбии дарачаи таквият ($U(t)$) аз вақт t (хати қачи 1 дар расми 11) бо



Расми 11. Натиҷаҳои ҳисоб кардани дараҷаи тақвият дар доимӣ (хати қачи 1) ва тағирёбанда будани баландии қисмати замин дар мурури вақт (хати қачи 2, 3, 4 ва 5) ($t_{фк}$ - вақти анҷоми таровиши тақвият)

вобастагии зерин тавсиф карда мешавад.

$$U(t) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t)\} \quad (36)$$

ки λ - коэффисиенти умумишудае, ки андозаи мутақобилаи вақт дорад ва аз андозаҳои ибтидоии қисмати замин, аз шароити захбурии (дренирование), аз андозаҳои тағйири шакл, аз гузариш ва ғайра вобаста аст.

Ҳосилаи функсияи (36) нисбат ба вақт, қиммати баробарии зеринро медиҳад

$$\frac{\partial U(t)}{\partial t} = \lambda \cdot [1 - U_0(t_0)] \exp(-\lambda t) = tg\Theta \quad (37)$$

Θ – кунҷи тамоили расанда ба хати қачи 1 дар нуқтаи тақвияти шартӣ-лаҳзавӣ. Дар расми 11 нишон дода шудааст

$$tg\Theta = \frac{[1 - U_0(t_0)]}{t_{фк}} \quad (38)$$

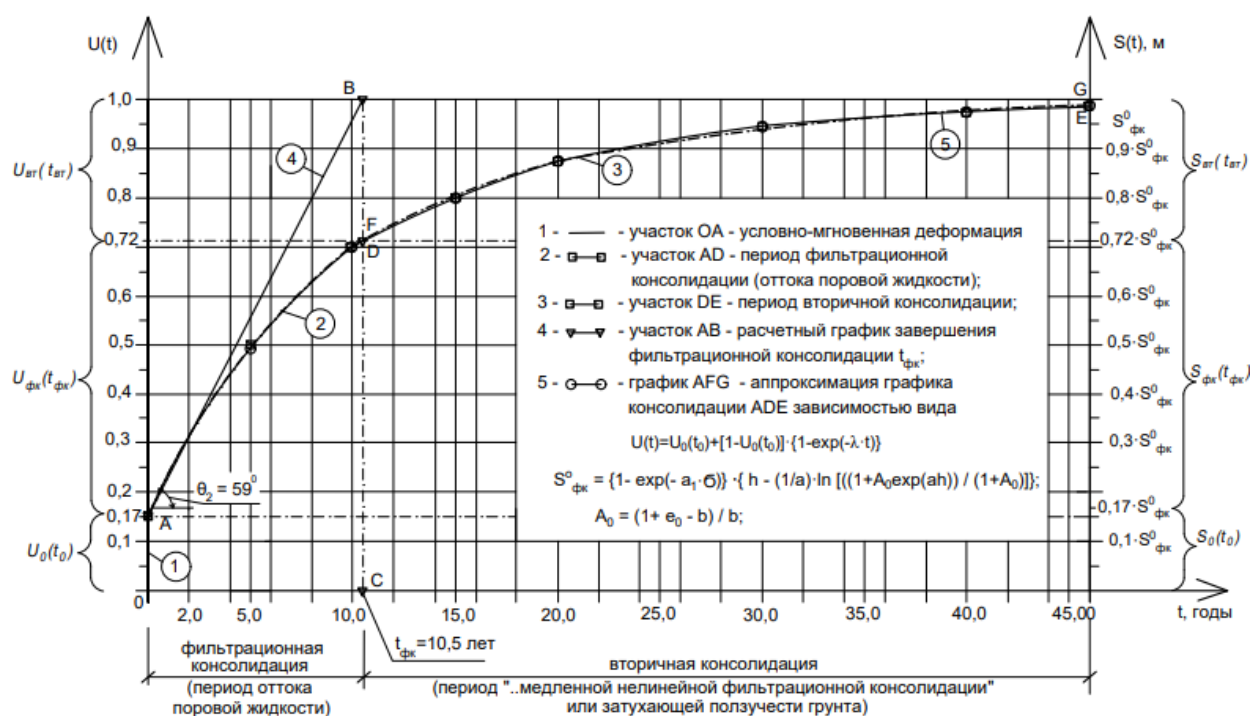
Ҳалли якҷоягии (37) ва (38) нисбат $t_{фк}$ (ҳангоми $t = 0$) ба намуди зерин

оварда мерасонад:

$$t_{\text{фк}} = 1/\lambda \quad (\text{сол}) \quad (39)$$

Натиҷаҳои ҳисобҳо нишон медиҳанд, ки ҳамзамон ба назар гирифтани тағйири шакли ғайрихаттӣ ва гузариши тағйирёбанда бо дарназардошти ҳамзамон тағйирёбанда бо мурури замон, баландии массив ба суръатбахшии вақти ба итмом расидани таровиши тақвият оварда мерасонад. Таҳлили натиҷаҳо нишон медиҳад, ки ҳангоми филтратсияи хоки гили сусти аз об серғундошта ҳамчун муҳити бисёрқисман дар як вақт якчанд раванд ба амал меояд: фишурдашавии моеъи газдор, филтратсияи моеъи суроҳ ва хазанда. аз скелети хок. Дар айни замон дар процесси консолидацияи филтратсия гузаштани пайдарпайи яке аз процессҳо ба дигараш мушоҳида мешавад.

Ҳамин тариқ, муттаҳидшавии хоки сусти аз об сершуда метавонад ба 3 қисм (давра) тақсим карда шавад (расми 12):



Расми 12. Муайян кардани дараҷаи консолидация $U(t)$ ва деформация бо консолидацияи филтратсия $S(t)$: 1 - қисми OA ($U_0(t_0)$ – деформатсияи шартанфаврӣ, 2 - қисми AD ($U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$ – консолидацияи филтратсия), 3 - қисми DE ($U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$ – консолидацияи дуюмдараҷа) ($t_{\text{фк}}$ - вақти анҷоми муттаҳидсозии филтратсия).

- 1) - қисми OA- фишурдани хоки бо об сершуда аз фишурдани шартанфаврии моеъи сӯроҳи);
- 2) - қисми AD - фишурдани хок ҳангоми хориҷшавии моеъи пора

(консолидация аз ҳисоби филтратсия);

3) - қисми DE - фишурдани хок дар давраи "...мустаҳкамшавии сусти филтратсияи ғайрихаттӣ" ё муттаҳидшавии дуҷумдараҷа.

Умуман, дараҷаи фишурдани хок $U(t)$ можно бо вобастагӣ ифода карда мешавад

$$U(t) = U_0(t_0) + U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) + U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) \quad (40)$$

Вақте ки хати қач $U(t)$ дар вақт бо вобастагии (36) шакл наздик карда мешавад:

$$U(t) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t)\},$$

арзишҳо аз дараҷаи муттаҳидшавӣ ба ҳар як давраи консолидатсионӣ вобаста ба (36) ба таври зерин муайян карда мешаванд:

1) - дараҷаи консолидация хангоми деформатсияи ғаврии шартӣ $U_0(t_0)$ аз руи натиҷаҳои таҷриба ва хатти консолидацияи сохташуда муайян карда мешавад;

2) - дараҷаи тақвият дар давраи таровиши тақвият $U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$ дар лаҳзаи вақт ($t = t_1$) бо назардошти вобастагии (36) баробар хаст ба:

$$U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t_1)\} \quad (41)$$

ки қимматҳои андозаҳои ҷорӣ t_1 дар фосилаи зерин қабул мешаванд

$$0 < t_1 \leq t_{\text{фк}}$$

ки $t_{\text{фк}}$ – мувофиқи вобастагии (39) қабул мешавад.

3) - дараҷаи тақвият дар давраи таровиши дуҷумдараҷа $U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$ дар лаҳзаи вақти ($t = t_2$) бо вобастагӣ (36) дар шакли зерин ифода карда мешавад:

$$U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)]\{1 - \exp(-\lambda t_2)\} \quad (42)$$

ки t_2 – дар фосилаи $t_{\text{фк}} < t_2 \leq t_{\text{вт}}$; қабул карда мешавад

$t_{\text{вт}}$ – вақти ҳисобии тақвияти дуҷумдараҷа.

Миқдори тағйири шакл $S(t)$ аз руи арзиши маълуми дараҷаи зичшавӣ $U(t)$ вобастагӣ муайян мекунад:

$$S(t) = S_{\text{фк}}^0 \cdot U(t) \quad (43)$$

ки $S_{\text{фк}}^0$ арзиши тағйири шакл умуми дар давраи таровиши тақвият бо вобастагии дорой шакли зерин муайян карда мешавад:

$$S_{\text{фк}}^0 = [1 - \exp(-a_1 \sigma)] \cdot \left\{ h - \frac{1}{a} \ln \left(\frac{1 + A_0 \exp(ah)}{1 + A_0} \right) \right\} \quad (44)$$

ки қиммати A_0

$$A_0 = (1 + e_0 - b) / b \quad (45)$$

Чунон ки аз расми 12, дида мешавад, раванди таровиши тақвият дар $U(t) = 0,72$ (қисмати AD) ба охир мерасад. Дар қисмати боқимонда $(1,00 - 0,72) = 0,28$ (қисмати DE), тағйири шаклҳо аз ҳисоби "...тақвияти сусти таровиши и ғайрихаттӣ" (хезиши пӯсидаи) хок ба амал меоянд. Ҳамин тарик, қитъаи хати қачи DE (расми 12)-ро қисмати тақвияти дуҷумдараҷаи хоки гилини сусти аз об сершуда ҳисоб кардан мумкин аст. Дар қисмати DE нишондиҳандаҳои реологии хокро метавон ба даст овард:

а) - суръати сайлонияти хок ($\dot{\delta}_{t_i}$) дар лаҳзаҳои вақти ҳисобшуда (t_i);

б) - пастшавии сайлонияти хок ($\ddot{\delta}_{t_i}$) дар лаҳзаҳои вақти ҳисобшуда (t_i) (42)-ро ба (43) гузошта, ҳосили деформатсияро $S(t)$ нисбат ба вақти t ёфта, қиммати суръати сайлонияти хокро (δ_i) дар вақти ҳисобшуда ба даст меорем ($t_i > t_{\text{фк}}$):

$$\dot{\delta}_{t_i} = \frac{\partial S(t)}{\partial t} = S_{\text{фк}}^0 \cdot \lambda \cdot [1 - U_0(t_0)] \cdot \exp(-\lambda t_i) \quad (46)$$

Барои муайян кардани қимати камшавии сайлонияти хок ($\dot{\delta}_{t_i}$) дар лаҳзаҳои вақт, ($t_i > t_{\text{фк}}$), ҳосилаи дуҷумдараҷа аз тағйири шакл $S(t)$ дар воҳиди вақт ёфтан лозим аст:

$$\ddot{\delta}_{t_i} = \frac{\partial^2 S(t)}{\partial t^2} = -S_{\text{фк}}^0 \cdot \lambda^2 \cdot [1 - U_0(t_0)] \cdot \exp(-\lambda t_i) \quad (47)$$

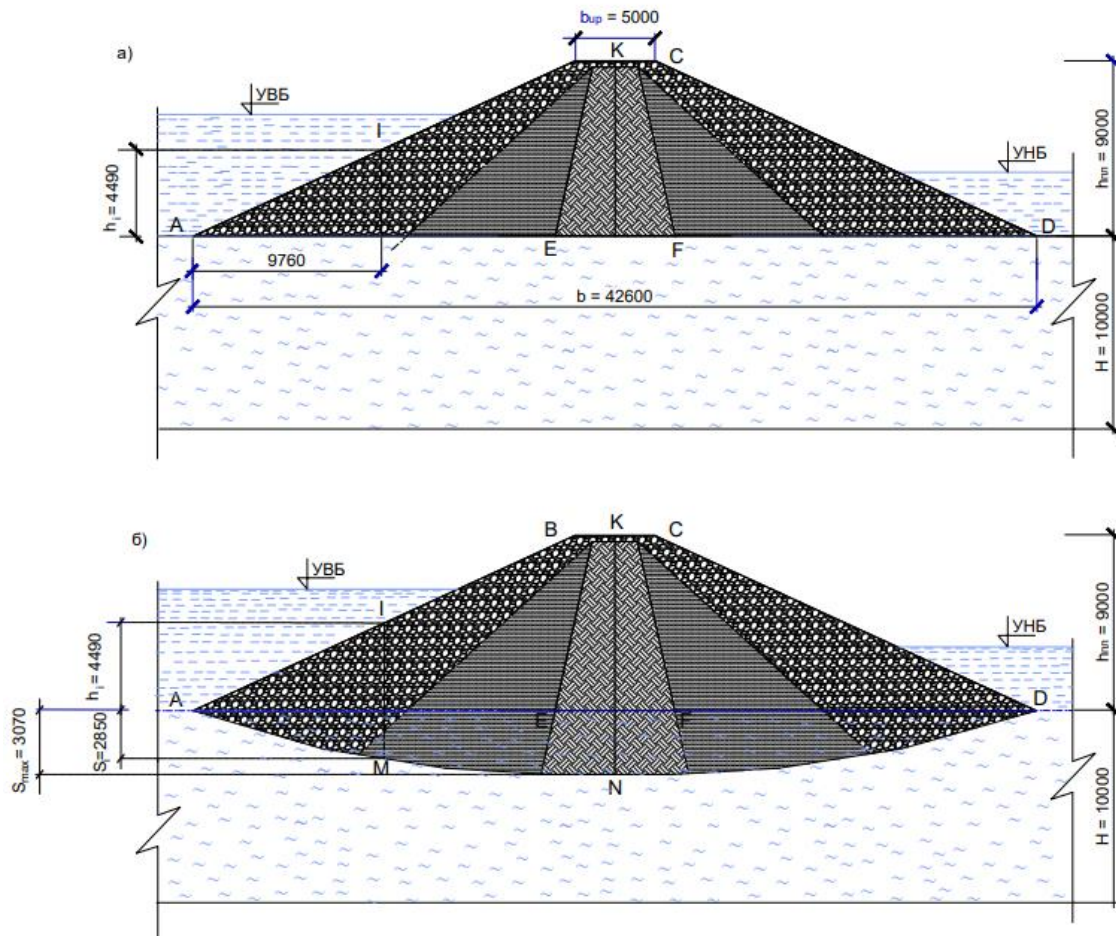
Қиматҳои ба даст овардашуда нишон медиҳанд, ки дар , $t_i > t_{\text{фк}}$, суръати сайлонияти хок ($\dot{\delta}_{t_i}$ майл ба кам шудан дорад ва қиматҳои камшавии сайлонияти хок ($\ddot{\delta}_{t_i}$) меафзоянд.

Вобастагии (36) метавонад барои ҳисоб кардани давомнокии раванди тақвият то расидан ба қиматҳои ҳадди истифода шавад $U_{\text{п}}(t_{\text{п}})$:

$$U_{\text{п}}(t_{\text{п}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)] \{1 - \exp(-\lambda T_{\text{п}})\} \quad (48)$$

$T_{\text{п}}$ - вақти расидан ба дараҷаи ҳадди тақвият $U_{\text{п}}(t_{\text{п}})$.

Вобастагии (44) имкон медиҳад, ки арзишҳои тағйири шакли ниҳонии иншоотро, ки дар хокҳои сусти лойии аз об сершуда сохта шудаанд, ҳисоб карда шаванд. Дар диссертатсия ҳисобкунии таҳшиншавии сарбанди хокӣ бо баландии $h_{\text{пл}} = 9,00$ м, ки дар қабати асоси аз хокҳои сусти лойии аз об сершуда бо иқтидори $H = 10,00$ м сохташуда оварда шудааст (расми 13).



Расми 13. Натиҷаҳои ҳисобкунии фурӯнишинҳои истифодабарӣ ("хати (мулдаи) таҳшинӣ") сарбанди хокӣ: а) - андозаҳои сарбанд, б) - арзиши фурӯнишинӣ дар нуктаҳои ҳисобшудаи сарбанд, $h_{пл}$ – баландии сарбанд, H - иқтидори хоки сусти гилии обдор дар асос, b_{np} - паҳноии болои сарбанд, b - паҳноии кафи сарбанд, h_i - баландии нуктаи i дар шеби сарбанд, S_i - андозаи фурӯнишинӣ дар нуктаи i , S_{max} - фурӯнишинии ҳадди дар зери тегаи сарбанд.

Аз рӯи натиҷаҳои ҳисоб, фурӯнишинии ҳадди дар зери тегаи сарбанд $S_{max} = 3,07$ м ташкил дод.

ХУЛОСАХО

1. Намунаҳои омӯхташудаи хокҳои гилии сусти аз об сершуда бо афзоиши зич ва кам шудани намӣ дар қад-қади чуқурии намунаҳо хосанд. Деформатсияи нисбии хокҳои омӯхташуда дар зери таъсири сарбориҳои беруна вобаста ба умқи интиҳоб майл дорад, ки онро ба зуҳури қувваҳои ҷозиба дар массив нисбат додан мумкин аст [5-M], [6-M], [8-M], [9-M].

2. Хокҳои гилини аз об сершуда хеле ковокӣ ва фишуршавии ғайрихаттӣ доранд, ки бо умқи массив кам мешавад. Гузаронидани ин хок низ ба андозаи зиёд ба андозаи бори додашуда вобаста аст. Инро метавон ба худ фишурдани хок

аз вазни худи кабатҳои болоии хок нисбат дод [3-М], [9-М].

3. Маҳлули бадастомада нишон дод, ки деформатсияи ҳаҷмии деформатсия ҳангоми интиҳоби хокҳои гилии аз об сершуда аз арзишҳои коэффисиенти ковокӣ (e^{II}) ва ковокӣ (n^{II}) ва хок дар сатҳи рӯз вобаста аст, коэффисиенти деформатсияи ҳаҷмии заррачаҳои минералии саҳт (α_z) ва моеъи суроҳ (α_w), радиусҳои пуфакҳои гази дармонда ва дараҷаи намии хок дар массив (r_I ва S^I) ва сатҳи руз (r_{II} ва S^{II}), инчунин тағйироти фишорҳои умумии ($\Delta\sigma$), ки ба намуна ҳангоми интиҳоби интиҳоб таъсир мерасонанд [1-М], [6-М], [7-М], [11-М], [13-М], [18-М], [27-М].

4. Качҳои фишурдани ибтидоии («табӣ»), ки бо усули таҳияшуда сохта шудаанд ва хусусияти тағйирёбии коэффисиенти ковокӣ (Δe) дар умқи массив (z) имкон медиҳад, ки нишондиҳандаҳои деформатсия (коэффисиенти фишуршавӣ, модули умумии деформатсия) хок дар ҳолати ибтидоии шиддат-деформация. Муқоисаи графикҳои фишурдани «табӣ» ва натиҷаҳои озмоишҳои фишурдани хок дар зери бори гуногуни корӣ имкон медиҳад, ки дараҷаи фишурдани табиӣ (фишоршавии муқаррарӣ, камфишорӣ) массивро дар ҳолати ибтидоии фишор-деформация баҳо диҳем [2-М], [8-М], [12-М], [14-М], [18-М], [27-М].

5. Бори аввал усули муайян кардани баландии болоравии капиллярии моеъи суроҳии массив (h_{cap}), вобаста ба чуқури ва радиусҳои пуфакҳои гази дар сатҳи додаси пешниҳод карда шудааст [5-М], [8-М].

6. Дар кори диссертационӣ бори аввал ҳалли адабии масъалаи консолидацияи филтратсия бо дарназардошти деформатсияи ғайриҳатти, гузариши тағйирёбанда ва ҳолати ибтидоии стресс-деформацияи хок дар массив ба даст оварда шуд. Бори аввал усули ба вақтӣ (кадам ба кадам) ҳисоб кардани консолидацияи хок кор карда баромада шуд, ки он имкон медиҳад деформацияи доимии массив ҳангоми фишурдашавӣ ба назар гирифта, таъсири ин омил муқаррар карда шавад дар бораи давомнокии процесси консолидация [2-М], [8-М], [12-М], [14-М], [18-М], [27-М].

7. Бори аввал усули муайян кардани параметрҳои реологӣ (суръати ҳазанда ($\dot{\delta}_{t_i}$) ва суштшавии ҳазанда ($\delta_{t_i}^{\ddot{}}$) аз рӯи ҷадвали муттаҳидсозии заминҳои сусти обдор пешниҳод карда шудааст. хокҳои сергизо [5-М], [12-М], [15-М].

Тавсияҳои барои дар амал татбиқ намудани натиҷаҳои илмӣ

1. Натиҷаҳои тадқиқоти дар диссертатсия ба даст овардашуда дар сохтмони иншооти гидротехникӣ ва дигар иншооти муҳандисӣ дар хоки гилии сусти аз об сершуда боиси татбиқ мебошад.

2. Истифодаи конструкцияи таҳияшудаи намунагирии хок ҳангоми ҷамъоварии намунаҳои хокҳои гили сусти аз об сершудаи конструкцияҳои ёзанда ва нарму-ёзанда, ки ҷамъоварии онҳо бо истифода аз конструкцияҳои мавҷудаи намунагирии хок имконнопазир аст.

3. Баъзе натиҷаҳои таҳқиқоти муаллиф дар китобҳо ва дастурҳои

таълимии фанни “Механикаи хокҳо” (Тер-Мартироян З.Г. Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов // М.: “Недра”, 1986, 292 с.); Тер-Мартироян З.Г. Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений // М.: Стройиздат, 1990. -220 с.) инъикос ёфтаанд.

4. Натиҷаҳои асосии тадқиқотро дар амалия ҳангоми тайёр кардани муҳандисони соҳаи бинокорӣ қорӣ кардан мумкин аст.

Нашрияҳои асосии тавсияшуда аз рӯи мавзӯи диссертатсия.

Мақолаҳо дар нашрияҳои ки аз ҷониби ВАО дар назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд

[1-М]. **Раҳманов, А.А.** Оиди масъалаи муайян кардани тағйирёбии шакл дар ғайризичии намунаи хоки сусти аз об сершуда ҳангоми бартараф кардани бори табиӣ [Матн] / А.А.Раҳманов, В.А.Тищенко // ВНИИС Госстрой СССР. Бақайдгирӣ № 5033, сб. Баҳши МТЛ «Соҳтмон ва меъморӣ». қисм. Б, иҷр. 5, 984. - 7 с.

[2-М]. **Раҳманов, А.А.** Асосҳои назариявии ҳисоб кардани тағшинии хокҳои сусти аз об сершуда бо назардошти ҳолати ибтидоии шиддатнок ва хосиятҳои сайлоният [Матн] / З.Г. Тер-Мартироян, А.А.Раҳманов // ВНИИС Госстрой СССР, р. № 5032, с. Шб. МТЛ «Соҳтмон ва меъморӣ», сек. Б, шумораи 5, М.: 1984.- 20 с.

[3-М]. **Раҳманов, А.А.** Тақвияти хоки гилини саҳт фишурдашуда. / [Матн] / З.Г. Тер-Мартироян, И.И. Демин, А.А. Раҳманов // Дар маҷмуа. «Масъалаҳои ҳозиразамони механикаи ғайрихаттии хок». (Рефератҳои Конференсияи умумииттифокӣ), Челябинск, 1985. — С. 168-169.

[4-М]. **Раҳманов, А.А.** Усули адабии ҳалли масъалаҳои тақвияти хокҳои сусти аз об сершуда [Матн] / З.Г. Тер-Мартироян, И.И. Демин, А.А. Раҳманов // Дар сб. «Истифодаи усулҳои адабӣ дар масъалаҳои геомеханика» (Дар маҷмӯаи байни дониш. асарҳои илмӣ). М.; 1986.- С. 62-67.

[5-М]. **Раҳманов, А.А.** Баҳисобгирии сайлонияти компрессионии хок ва ҳолати табиӣ шиддатноку тағйирёбии шакли қисмати замин, ҳангоми ҳисобкунии тақшинии ниҳоии иншоот [Матн] / А.А. Раҳманов, О.С. Ашуров // Маҷаллаи Тоҷ. техника. Университет Силсилаи «Соҳтмон ва меъморӣ», ҷ. 3, Душанбе, ТТУ. 1993.- С. 22-28.

[6-М]. **Раҳманов, А.А.** Пешгӯии тағйирёбии шакли ғайрихаттии як қатор хокҳои пошхӯрда бо усули таркиши гидравликӣ. [Матн] / А.А. Раҳманов // Дар маҷмӯаи мақолаҳо. ДТТ, Душанбе, 2000. - С.25-29.

[7-М]. **Раҳманов, А.А.** Таҷҳизот ва асбобҳо барои интиҳоб ва озмоиши хокҳои сусти аз об сершуда [Матн] / А.А. Раҳманов // б. асарҳои «Конф. байналмилалӣ илмӣ ва амалӣ «Масъалаҳои геологияи инженерӣ, гидрогеология ва коркарди қонҳои канданиҳои фойданок. Тоҷикистон ва

худудҳои муштарак» // -ДМТ, Душанбе, 2022. – С.241-249 .

[8-М]. **Раҳманов, А.А.** Тағйирёбии дараҷаи намӣ ва радиусҳои хубобчаҳои гази дармонда ҳангоми гирифтани намуна аз як қатор хокҳои гилини аз об сершуда [Матн] / А.А. Раҳманов // Дар асарҳои « Конф. илмӣ ва амалии байналмилалӣ. « Масъалаҳои геологияи инженерӣ, гидрогеология ва коркарди конҳои канданиҳои фойданок.Тоҷикистон ва худудҳои муштарак»– ДМТ, Душанбе, 2022. – С.270 – 276.

[9-М]. **Раҳманов, А.А.** Тадқиқоти таҷрибавии тағйирёбии шакл ва гузариши хокҳои сусти аз об сершуда [Матн] / А.А. Раҳманов., О.К. Комилов // Дар асарҳои « Конф. илмӣ ва амалии байналмилалӣ. « Масъалаҳои геологияи муҳандисӣ, гидрогеология ва коркарди конҳои канданиҳои фойданок.Тоҷикистон ва худудҳои муштарак» . -ДМТ, Душанбе, 2022.- с . 232-241.

[10-М]. **Раҳманов, А.А.** Ҳалли адабии масъалаи ғайрихаттии тақвияти (консолидацияи) хокҳои сусти аз об сершуда бо назардошти тағйирёбии баландии қисмати замин. [Матн] // А.А. Раҳманов // Дар асарҳои « Конф. илмӣ ва амалии байналмилалӣ. « Масъалаҳои геологияи инженерӣ, гидрогеология ва коркарди конҳои канданиҳои фойданок.Тоҷикистон ва худудҳои муштарак» .. -ДМТ, Душанбе, 2022. - С. 207–2 13 .

[11-М]. **Раҳманов, А.А.** Тағйир додани андозаҳои физикӣ ҳангоми интиҳоби хокҳои сусти аз об сершуда [Матн] / А.А. Раҳманов // ШБ. Бюллетени филиали Университети давлатии Москва. М.В. Ломоносов дар Душанбе // Бахши илмҳои табиатшиносӣ. Ҷилди 1, №1 (21), Душанбе, 2022.- С.136-143.

[12-М]. **Раҳманов, А.А.** Барои муайян кардани андозаҳои физики-механикии хоки гили сусти аз об сершуда дар ҳолати ибтидоии шиддатноку тағйирёбии шакл. [Матн] / А.А. Раҳманов // Бюллетени филиали Университети давлатии Москва. М.В. Ломоносов дар Душанбе // Бахши илмҳои табиатшиносӣ. Ҷилди 1 №1 (21) //, Душанбе, 2022.- С.144 - 150.

[13-М]. **Раҳманов, А.А.** Таҷҳизот барои гирифтани намуна аз хок, асбобҳо ва таҷҳизот барои омӯзиши тақвияти (консолидацияи) хокҳои сусти гилини аз об сершуда [Матн] / [Матн] / А.А. Раҳманов // Дар ш. «Хабарҳои политехникӣ». Боб. Тадқиқоти муҳандисӣ, №2 (58) 2022 // ДТТ, Душанбе, 2022. – С.144-151.

[14-М]. **Раҳманов, А.А.** Усули аналитикии таҳлили ҳолати ибтидоии шидданокӣ дар хокҳои гилини аз об сершуда [Матн] / [Матн] / А.А. Раҳманов // Маводҳои Симпозиуми III байналмилалӣ геотехникии Осиёи Марказӣ «Масъалаҳои геотехникии сохтмон дар хокҳои фурӯраванда (просадочные) дар минтақаҳои заминларза» // Тадқиқоти илмӣ ва лоихакашӣ-ковтуқобӣ . Институти "САННИОСП" Комитети сохтмон ва меъмурии РСС Тоҷикистон. Душанбе, 2005.- С.94-95.

[15-М]. **Раҳманов, А.А.** Ба назар гирифтани тағйирёбии шакли ғайрихаттии сохтор (скелет) ва ғайрихаттии обгузаронии хок ҳангоми пешгӯии таҳшинии (осадка) таҳкурсии иншоот. [Матн] / [Матн] / А.А. Раҳманов //

Маводҳои Симпозиуми III Байналмилалӣ Геотехникии Осиёи Марказӣ «Проблемаҳои геотехникии сохтмон дар хокҳои зеризаминӣ дар минтақаҳои заминларза». // Таҳқиқоти илмӣ. ва тадқиқоти лоихакашӣ. Институти "САНИИОСП" Комитети давлатии сохтмон ва меъморӣ РСС Тоҷикистон. Душанбе, 2005.- С. 96-97.

Шаҳодатномаҳо ва патентҳо

[16-М]. **Раҳманов, А.А.** Усули муайян кардани тавсифи (характеристика) тағйирёбии шакли хокҳои аз об сершуда. / З.Г. Тер-Мартirosян, А.А. Раҳманов, Р.Г. Погосян // Шаҳодатномаи муаллифӣ СССР № 1357495 (51) Е 02 Д1/00 Бюл. № 45, 1987.

[17-М]. **Раҳманов, А.А.** Дастгоҳ барои гирифтани намунаи хок / З.Г. Тер-Мартirosян, А.А. Раҳманов, Р.Г. Погосян // Шаҳодатномаи муаллифӣ СССР № 1488715 (51) Е 02 Д1/00 Бюл. № 45, 1987.

Мақолаҳо дар маҷаллаҳои конференсия

[18-М]. **Раҳманов, А.А.** Тадқиқоти таҷрибавӣ тағйирпазирии шакл (деформируемость) ва гузариши хокҳои сусти аз об сершуда [Матн] / А.А. Раҳманов // ШБ. Конференсияи илмию амалии ҷумҳуриявӣ олимон ва мутахассисони ҷавон бахшида ба 60-солагии ҶШС Тоҷикистон ва Ҳизмати Коммунистии Тоҷикистон (бахши техникӣ, тезисҳо) // Душанбе, 1984. – С.44-45.

[19-М]. **Раҳманов, А.А.** Масъалаҳои муҳандисии геологии сохтмони тепаҳои шарқии Душанбе [Матн] / А.А. Раҳманов // Тезисҳо. конф респуб. илмӣ ва амалӣ. «Ободсозии ҳудуди шаҳри Душанбе» (бахши меъморӣ, экологӣ ва муҳандисӣ) //, Душанбе, ред. «Ирфон». - 1991. - С.67-68.

[20-М]. **Раҳманов, А.А.** Вобаста ба ҳисоби микдори об барои тар карда мондани қисмати замин хангоми зичкунии зардхокҳо бо усули таркиши гидравликӣ. [Матн] / А.А. Раҳманов // Конф.илмӣ ва амалӣ. бахшида ба 70-солагии Октябри Кабир (бахши техникӣ, тезисҳои маърузаҳо) //, Душанбе, 1987. - С.12-13.

[21-М]. **Раҳманов, А.А.** Истифода бурдани усули се хати қач барои пешгӯии тағйирёбии шакл хангоми зичкунии қисмати заминҳои зардхоки таҳнишин бо таркиши гидравликӣ [Матн] / А.А. Раҳманов // Конф.илмӣ ва амалӣ. бахшида ба 70-солагии Октябри Кабир (бахши техникӣ, тезисҳои маърузаҳо) //, Душанбе, 1987. - С.137-138.

[22-М]. **Раҳманов, А.А.** Пешгӯи кардани суръати таҳшинии қисмати замини зардхоки фӯрӯраванда пас аз зичкунонӣ бо усули таркиши гидравликӣ [Матн] / А.А. Раҳманов, А.Р. Рузиев // (Дар маҷмӯаи мақолаҳои илмӣ (рефератҳои Конфронси ҷумҳуриявӣ илмҳои техникӣ), Душанбе, 1990.- С.34-36.

[23-М]. **Раҳманов, А.А.** Таҷрибаи тар карда мондани хок дар шароити

табии сохтмон [Матн] / А.Р. Рузиев, Т.Ф. Джалилов, А.А. Раҳманов, Ф.Ф. Зехниев // Тезисҳои баромадҳо, XVII конф. илмӣ. ҳисоботи муаллимон. Душанбе. «Дониш», 1989. - С.12-14.

[24-М]. **Раҳманов, А.А.** Дар бораи тақвияти ибтидоӣ ва дуумдараҷаи хокҳои гилини сусти аз об сершуда» [Матн] / А.А. Раҳманов // Дар. асарҳои « конф. байналмил.илмӣ ва амалӣ " Хонишҳои XII Ломоносов", бахшида ба 30-солагии барқарор шудани муносибатҳои дипломатӣ байни Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Федератсияи Россия. Бахши илмҳои табиӣ. Қисми 1 - Душанбе, 2022.- С.322-329.

Мақолаҳо дар дигар маҷаллаҳо, ки аз ҷониби RSCI индексатсия шудаанд

[25-М]. **Раҳманов, А.А.** Пешгуӣи тағйирёбии шакли ғайрихаттии тақягоҳи купрук бо назардошти хосиятҳои реологии асосҳо. [Матн] / А.А.Раҳманов, А.И. Корнилов // Дар маҷ. Бардоштани дараҷаи техникаи хоҷагии роҳҳои Тоҷикистон «Дар партави қарорҳои Съезди XXVII КПСС », - Душанбе, 1987.-С.6-8.

[26-М]. **Раҳманов, А.А.** Муайян кардани тағйирёбии шакли камшавии зичии хокҳо, ҳангоми интиҳоби онҳо. [Матн] / А.А.Раҳманов // Дар маҷмӯаи мақолаҳои илмӣ олимон, Душанбе, «Дониш», 1988. — С.51-56.

АННОТАЦИЯ

на диссертационную работу **Рахманова Азима Абдуллаевича** на тему: **«Развитие теории консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов в основании гидротехнических сооружений»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство

Ключевые слова: консолидация, слабые водонасыщенные глинистые грунты, поровая жидкость, скелет грунта, гравитация, напряжения, исходное напряженно-деформированное состояние, фильтрация, ползучесть скелета грунта.

Объектом исследования являются слабые водонасыщенные глинистые (илистые, и водонасыщенные лессовые грунты, используемые в качестве оснований инженерных (гидротехнических) сооружений).

Предмет исследования – совершенствование методов расчета консолидации оснований инженерных сооружений, сложенных слабыми водонасыщенными глинистыми грунтами.

Целью диссертационных исследований являлась реализация комплекса научных и практических исследований по разработке количественной и качественной оценки деформаций слабых водонасыщенных глинистых грунтов большой мощности, обеспечивающих эксплуатационную надежность и безопасность гидротехнических сооружений, являющихся актуальной задачей развития нового направления в области наук о Земле.

Полученные результаты и их новизна: впервые рассмотрен процесс фильтрационной консолидации водонасыщенных глинистых грунтов с учетом нелинейной деформируемости и проницаемости и исходного напряженно-деформированного состояния; получены значения радиусов пузырьков заземленного газа и степени влажности грунтов по глубине водонасыщенного массиве. Получено численное решение задачи фильтрационной консолидации с учетом исходного напряженно-деформированного состояния и изменяющейся высоты массива в процессе фильтрационной консолидации. Показано практическое применение полученных теоретических положений на примере расчета осадки гидротехнического сооружения (насыпной земляной плотины).

Область применения: результаты диссертационных исследований были применены при возведении насыпной земляной плотины Днепро-Бугского гидроузла и могут быть использованы при проектировании гидротехнических, в том числе и других инженерных сооружений на аналогичных грунтах. Результаты, полученные в диссертационной работе, нашли отражение в научных книгах академика Академии водохозяйственных наук Российской Федерации (АВН РФ) и академика Нью-Йоркской Академии наук, заслуженного деятеля науки РФ, доктора технических наук, профессора Тер-Мартиросяна З.Г. (МГСУ-МИСИ, РФ), в частности: «Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов» (М.: Недра, 1986.- 292 с.) и «Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений» (М.: Стройиздат, 1990.- 200 с.), а также в учебниках «Механика грунтов» (М.: Изд. АСВ, 2005.- 488 с.) и «Механика грунтов» (М.: Изд. АСВ, 2009.- 553 с.), рекомендуемых студентам строительных специальностей ВУЗов, инженерам-геологам, гидрогеологам и другим специалистам в области строительства.

АННОТАТСИЯ

барои кори диссертатсионии **Рахмонов Азим Абдуллоевич** дар мавзуи:

«Рушди назарияи мутаҳидшавии хокҳои сусти лойии аз об сершуда дар асоси иншооти гидротехникӣ», барои гирифтани унвони илмии доктори фанҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.23.07 – Сохтмони гидротехникӣ пешниҳод карда шудааст

Калидвожаҳо: муттаҳидшавӣ, хокҳои гилии сусти аз об сершуда, моеъи ковокӣ, пояи хок, вазнинӣ, шиддатҳо, ҳолати аввалияи шиддату тағйири шакл, полоиш, хазиши скелети (пояи) хок.

Объекти тадқиқот хокҳои сусти аз об сершуда (лойқавӣ ва хокҳои зарди аз об сершуда, ки ба сифати асосҳои иншооти муҳандисӣ (гидротехникӣ) истифода мегарданд, ба ҳисоб меравад.

Мавзӯи тадқиқот – тақмили усулҳои ҳисоби муттаҳидшавии асосҳои иншооти муҳандисӣ, ки аз хокҳои лойии сусти аз об сершуда иборат мебошанд.

Мақсади тадқиқотҳои кори рисолавӣ аз амалишавии маҷмӯи тадқиқотҳои илмию амалӣ оид ба коркарди баҳодихии сифатӣ ва миқдорӣ шаклтағйирдиҳии хокҳои лойии сусти аз об сершудаи иқтидорашон калон, ки эътимоднокии истифодабарӣ ва бехатарии иншооти гидротехниро таъмин менамояд ва вазифаи муҳими рушди равияи нав дар соҳаи илм дар бораи Замин иборат мебошад.

Натиҷаҳои бадастомада ва навоари онҳо: бори аввал раванди муттаҳидсозии таровишии хокҳои гили обдор бо назардошти тағйири шакли ғайрихаттӣ ва гузариш ва ҳолати ибтидоии шиддату тағйири шакл баррасӣ карда шуд; арзишҳои радиуси ҳубобҳои гази фишурда ва дараҷаи намӣ дар чуқурии массиви обдор ба даст оварда шуданд. Ҳалли рақамии масъалаи консолидатсияи таровишкунӣ бо назардошти ҳолати ибтидоии шиддату тағйири шакл ва баландии тағйирёбандаи массив дар раванди муттаҳидшавии таровишкунӣ ба даст оварда шудааст. Истифодаи амалии муқаррароти назариявии бадастомада дар мисоли ҳисоб кардани таҳшинии иншооти гидротехникӣ (сарбанди заминӣ) нишон дода шудааст.

Доираи истифодабарӣ: натиҷаҳои тадқиқоти диссертатсионӣ ҳангоми бунёди сарбанди заминӣ дар гидроузли Днепро-Буг истифода шуданд ва метавонанд ҳангоми тарҳрезии иншооти гидротехникӣ, аз ҷумла, дар дигар иншооти муҳандисӣ дар заминҳои шабеҳ истифода шаванд. Натиҷаҳои дар кори диссертатсионӣ ба даст овардашуда дар китобҳои илмии академики Академияи илмҳои хоҷагии обии Федератсияи Русия (АВН-и Федератсияи Русия) ва академики Академияи илмҳои Нью-Йорк, корманди шоистаи илми Федератсияи Русия, доктори илмҳои техникӣ, профессор Тер-Мартиросян З.Г. (МГСУ-МИСИ, Федератсияи Русия) инъикос ёфтаанд, аз он ҷумла: "Пешгӯии равандҳои механикӣ дар массивҳои хокҳои бисёрфаза" (М.: Недра, 1986. 292 с.) ва "Параметрҳои реологии хок ва ҳисобҳои асосҳои иншоот" (М.: Стройиздат, 1990. 200 с.), инчунин дар китобҳои дарсии "Механикаи хок" (М.: Нашр. АСВ, соли 2005. 488 с.) ва "Механикаи хокҳо" (М.: Нашр. АСВ, соли 2009. 553 с.), ки ба донишҷӯени ихтисосҳои сохтмони Донишгоҳҳо, муҳандисони геолог, гидрогеологҳо ва дигар муттаҳассисони охтмон тавсия карда мешавад.

SUMMARY

for the dissertation work of **Azim Abdullaevich Rakhmanov** on the topic: **“Development of the theory of consolidation of weak water-saturated clay soils at the base of hydraulic structures”**, submitted for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.23.07 - Hydraulic Construction

Key words: consolidation, weak water-saturated clay soils, pore fluid, soil skeleton, gravitation, strain, initial stress-strain state, filtration, creep of the soil skeleton.

The object of the study is weak water-saturated clay (silt) and water-saturated loess soils used as foundations for engineering (hydraulic) structures.

The subject of the research - improvement of methods for calculating the consolidation of the foundations of engineering structures composed of weak water-saturated clay soils.

The goal of the dissertation research was to implement a set of scientific and practical studies to develop a quantitative and qualitative assessment of the deformations of weak water-saturated clay soils of high thickness, ensuring the operational reliability and safety of hydraulic structures, which is an urgent task in the development of a new direction in the field of Earth sciences.

The results obtained and their novelty: for the first time the process of filtration consolidation of water-saturated clay soils was considered, taking into account nonlinear deformability and permeability and the initial stress-strain state; the values of the radii of trapped gas bubbles and the degree of soil moisture along the depth of the water-saturated massif were obtained. A numerical solution to the problem of filtration consolidation is obtained, taking into account the initial stress-strain state and the changing height of the massif during the process of filtration consolidation. The practical application of the obtained theoretical principles is shown using the example of calculating the settlement of a hydraulic structure (embankment earthen dam).

Scope of application: the results of the dissertation research were applied in the construction of an earthen bulk dam of the Dnieper-Bug hydroelectric complex and can be used in the design of hydraulic engineering structures, including other engineering structures, on similar soils. The results obtained in the dissertation work were reflected in the scientific books of Academician of the Academy of Water Sciences of the Russian Federation (AVN RF) and Academician of the New York Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Z.G. Ter-Martirosyan. (MGSU-MISI, RF), in particular: “Forecast of mechanical processes in massifs of multiphase soils” (M.: Nedra, 1986. - 292 pp.) and “Rheological parameters of soils and calculations of foundations of structures” (M.: Stroyizdat, 1990.- 200 pp.), as well as in the textbooks “Soil Mechanics” (M.: Publishing House ASV, 2005.- 488 pp.) and “Soil Mechanics” (M.: Publishing House ASV, 2009.- 553 pp.), recommended for students of construction specialties at universities, geological engineers, hydrogeologists and other specialists in the field of construction.