

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН  
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии**

*На правах рукописи*

УДК 550.82:624.19.034.5 (282.255.123.11)



**НУРАЛИЗОДА МУХЙИДДИН НУРАЛИ**

**ВЛИЯНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ТОННЕЛЯ  
СТ-4 РОГУНСКОЙ ГЭС**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности

2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура  
(2.1.8. Гидротехническое строительство)

**Душанбе – 2026**

Диссертация выполнена в лаборатории «Гидротехнические сооружения»  
Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана

**Научный руководитель:**

кандидат технических наук, доцент  
**Сулаймонова Мутабар Абдулхаевна**

**Официальные  
оппоненты:**

**Валиев Шариф Файзуллоевич** – доктор  
геолого-минералогических наук, профессор,  
главный научный сотрудник лаборатории оценки  
сейсмического опасности ИГСС НАНТ

**Бобохонов Фирдавс Шамсиддинович**  
кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры  
строительство и архитектуры Дангаринского  
государственного университета

**Ведущая организация:**

**Институт энергетики Таджикистана**

Защита состоится 09 апреля 2026 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-059 при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734025, г.Душанбе, ул. Бофанде, 5/2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана и на сайте [www.imoge.tj](http://www.imoge.tj)

Автореферат разослан « » 2026 года.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук**

**Паймурадов Ф.И.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время в Республике Таджикистан продолжается строительство одного из уникальных и основных проектов в области возведения гидротехнических сооружений, входящих Рогунской ГЭС. Обеспечение электричеством населения осуществляется возведением гидроэлектростанций и является важным и основным направлением, способствующим экономическому и социальному развитию республики.

Для достижения этих целей в нашей стране возросли объёмы строительства гидротехнических сооружений, возводимых на реке Вахш и обладающими большой мощностью. В этом направлении возведение Рогунской ГЭС является не только важным, но и одним из основных и востребованных проектов в нашей республике.

Строительства гидротехнических сооружений Рогунской ГЭС являются основной и главной частью, которая способствует как экономическому, так и социальному развитию нашей республики.

В Таджикистане строительство гидроэлектростанций больших мощностей, а также создание крупнейших водохранилищ приводят к увеличению высоты плотины, размеров сечения и площади, величины напоров гидротехнических тоннелей и подземных водоводов, вследствие чего, происходит возрастание нагрузок, которые передаются на основание или стенки сооружения. В этом случае геологические условия играют большую роль, так как в большинстве случаев являются очень сложными и требуют проведения тщательных исследований, определения физических и механических свойств скальных горных пород и изучения поведения их под нагрузкой, причём с учетом одновременного воздействия вод. В таких случаях в горных условиях республики при строительстве гидротехнических сооружений часто требуется разработка инженерных мероприятий по укреплению и консолидации скальных горных пород вокруг выработки.

В связи с вышеизложенным реализация комплекса исследований с использованием современных методов, которые обладают совершенными технологиями геологического картирования тоннеля и моделирования с использованием компьютерных технологий, а также исследование горно-геологических условий гидротехнического тоннеля СТ-4В Рогунской ГЭС дает возможность выявить их влияние на напряженно-деформированное состояние исследуемого объекта возведения, что позволяет правильно выбрать трассу объекта строительства, место его расположения и способа возведения.

Актуальность диссертационной работы заключается в претворении полученных результатов работы исследований, проведенных современными методами и способами с использованием современных технологий по рекомендуемые классы крепи породы исследуемого гидротехнического тоннеля, использование методов моделирования компьютерными технологиями, достижения хороших результатов.

**Степень изученности данной тематики.** В процессе работы над концепцией завершения строительства Рогунской ГЭС были анализированы все доступные материалы изысканий предыдущих лет, хранящиеся в архивах ОАО «Институт Гидропроект», ОАО «Рогунская ГЭС», ЦСГНЭО. В 2009 году для получения дополнительной информации, по программам и рекомендациям, разработанных в Гидропроекте, были выполнены дополнительные исследования. Следует отметить, что исследованиям по возведению гидротехнических тоннелей в сложных горно геологических условиях посвящены труды Экклестона Д., Мехинрада А., Гешмепура А., Солеймани М., Аскари М., Регли М., Гадоева Олим., Кабилова Ш., Мухаммадизо Зангане, Холова Ф.А. и др.

**Связь темы диссертационной работы с научными программами.** Исследования, послужившие основой диссертационной работы, связаны с научной тематикой Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, в разработке которых соискатель принимал непосредственное участие: «Стратегия Республики Таджикистан в области науки и технологий на 2016-2020 годы» (раздел «Строительство и стройиндустрия»); Программного обеспечения, UNWEDGE ver. 3.0, разработанного компанией RocScience Co. (Торонто, Канада) и работающего по методу предельного равновесия; Программа для вычислений конечно-элементными методами RS2, вер. 9.0, разработанная RocScience Co.

### **Общая характеристика исследования**

Детальные исследования для проектирования гидротехнического тоннеля СТ-4В, заключаются в проведении исследований инженерно-геологические факторов, влияющих на проходку в различных литологических условиях. Проведение анализов геотехнических данных, оценка геомеханических параметров, параметры прочности на сдвиг для несплошностей породы, выбор крепи породы с использованием эмпирических методов, проект крепи породы для потенциально неустойчивых клиньев, также крепи с использованием К-Э моделирования и рекомендации временной крепи строительного тоннеля СТ-4 на правом берегу Рогунской ГЭС. Результаты исследований параметров неповрежденной породы и основных несплошностей и оценки состояния горного массива дают возможность использовать системы инженерной классификации горного массива для определения основных систем временной крепи, которые будут использованы во время проходки гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС в различных горных породах. После этого представляются расчеты моделирования процесса земляных работ вместе с проектированием системы временной крепи с использованием численного моделирования, подходящего для ожидаемых механизмов разрушения, преобладающих во время производства земляных работ.

С целью выполнения численного анализа горные массивы вокруг гидротехнического тоннеля СТ-4 моделировались как упругопластический

материал, у которого в пластическом режиме прочностные параметры уменьшаются. Кроме того, в методе численного проектирования моделируются процессы выемки грунта и первичной породы, а также проверяются ожидаемые условия дополнительной крепи с целью достижения экономичных, безопасных и стабильных решений.

**Целью диссертационной работы** является - исследование влияния инженерно-геологических факторов (литологические разности, геомеханические и геотехнические параметры), на напряженно-деформированное состояние гидротехнического тоннеля СТ-4 и разработка рекомендаций по выбору класса крепи породы обеспечивающих устойчивость сооружения.

**Задачи исследования:**

1. Исследовать существующими теоретическими методами влияние инженерно-геологических условий на напряженно-деформированное состояние гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС.

2. Определить физико-механические свойства вмещающих горных пород, проектируемого гидротехнического тоннеля СТ-4.

3. Смоделировать напряженно-деформируемые процессы, протекающие в горных породах гидротехнического тоннеля при проходке и возведении временной крепи.

4. Определить и исследовать упругие и прочностные свойства пород в зоне разуплотнения, а также сохранных вмещающих горных пород проектируемого гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС и разработать рекомендации по выбору типов скальной крепи.

5. Разработать систему мониторинга, рассчитать количество наблюдательных створов и типов КИА гидротехнического тоннеля СТ-4.

**Объектом** диссертационных исследований является безнапорный гидротехнический тоннель СТ-4 Рогунской ГЭС.

**Предметом** исследования является: влияние инженерно-геологических условий на напряженно-деформированное состояние безнапорного гидротехнического тоннеля и проявление возможных деформации при воздействии сейсмических сил.

**Гипотеза исследования** заключается в том, что гравитационные, тектонические и сейсмические усилия в совокупности существенно изменяют, напряжённо-деформированное состояние крепи гидротехнического тоннеля СТ-4В Рогунской ГЭС, вызывая локальные концентрации напряжений и деформаций, что снижает её устойчивость и требует конструктивного усиления.

**Исследования проводились** в период с 2022 по 2026 годы на объекте Рогунской ГЭС, в частности на гидротехническом тоннеле СТ-4В с целью анализированные напряжённо-деформированного состояния крепи в условиях воздействия гравитационных, тектонических и сейсмических факторов.

**Теоретической основой исследований** является изучение инженерно-геологических условий Рогунской ГЭС с целью исследования их влияния на напряженно-деформированное состояние безнапорного гидротехнического тоннеля СТ-4.

**Информационная база диссертации** включает в себя технический отчёт Рогунской ГЭС (1978), технический проект подземного комплекса Рогунской ГЭС (1980), технический проект НБО Рогунской ГЭС на реке Вахш (Ташкент, 1978), а также отчёт о выполнении инженерно-геологических работ при строительстве объектов Рогунской ГЭС (2011) и требования к проектированию.

**Научная новизна исследования** состоит в:

- выявление геологических причин оказывающих воздействий на разрушение и устойчивость вмещающих массивов горных пород гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС; определение направления главного минимального и максимального напряжения на основе проведенных специальных исследований в больших подземных выработках;
- численное моделирование напряженно-деформированного состояния гидротехнического тоннеля и разработка рекомендаций по выбору класса крепи породы с использованием торкретбетона толщиной 10см;
- в разработке рекомендаций по выбору класса крепи породы, для различных литологических частей гидротехнического тоннеля СТ-4 с учетом фактической геометрии тоннеля и геологических условий;
- в разработке системы мониторинга, установлении количества наблюдательных створов, типов контрольно измерительных приборов и программы наблюдения гидротехнического тоннеля СТ-4.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Выявление инженерно-геологических факторов, влияющих на прочностные характеристики упругости и прочности вмещающих массивов горных пород гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС. Определение направления главного минимального и максимального напряжений на основе проведенных специальных исследований в крупных подземных выработках.
2. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния гидротехнического тоннеля СТ-4 и разработка рекомендации по выбору типа несущей конструкций с учётом сейсмоустойчивости сооружения.
3. Разработка рекомендаций по выбору типов скальной крепи, с учетом фактической геометрии тоннеля и их основных элементов.

**Теоретическая значимость диссертационной работы заключается** в решении задач, связанных с инженерно-геологическим картированием тоннелей, расположенных вблизи исследуемого тоннеля СТ-4; выбором способа проведения цементационных работ; подбором модели для расчета крепи тоннеля; обоснования расчетной крепи тоннеля СТ-4; геотехнического мониторинга гидротехнического тоннеля СТ-4.

**Практическая значимость** работы заключается:

- в выборе конструкций тоннеля обеспечивающих защиту от разрушений при минимальных дополнительных затратах и времени на ремонт;

- в применении в учебном процессе в высших учебных заведениях и университетах, при чтении лекций и на практических занятиях, а также при проведении лабораторных и полевых работ для студентов по специальным курсам: «Шахтное и подземное строительство», «Основы горного дела», «Технология проведения буровзрывных способов», «Механика горных пород и горное давление», «Специальные способы строительства подземных сооружений», Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими для студентов по специальностями – «Шахтное и подземное строительство» и «Строительство и эксплуатация гидроэлектростанций» и другие.

**Достоверность результатов** диссертационной работы подтверждаются идентичностью результатов расчета моделирования по предлагаемой автором методике с результатами проведенных экспериментов и данными других исследователей, а также использованием натурных и теоретических исследований, современных методов физико механических параметров горных пород, использованием современного оборудования и приборов для испытания разработки безнапорного гидротехнического тоннеля Рогунской ГЭС.

**Соответствие паспорту специальности.** Диссертация соответствует положений пунктов 3, 11 паспорту научной специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство)

3. Разработка новых направлений прогнозирования напряженно-деформированного состояния напорных и безнапорных гидротехнических сооружений; совершенствование методов определения различных видов нагрузок на сооружения речных гидроузлов, здания и машинные залы гидроэлектростанций; обоснование путей повышения надежности и долговечности конструкций водно-транспортных сооружений.

11. Эксплуатационная надежность гидротехнических сооружений, разработка новых критериев их безопасности, новые системы контроля и наблюдений за сооружениями, совершенствование методов технической диагностики и мониторинга водных систем и объектов.

Название темы диссертации соответствует паспорту специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрогеология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство).

**Личный вклад автора.** Автором сформулированы цель и задачи исследований, намечены пути их теоретического и экспериментального решения. Автором уточнены геомеханические параметры горных массивов

напряженно-деформированного состояния конструкций тоннеля с определением основных параметров проходки безнапорного гидротехнического тоннеля, а также получены и сформулированы основные выводы.

**Апробация результатов.** Основные положения работы и полученные результаты были доложены и обсуждены на: РНПК. «Развитие гидроэнергетики - развитие Таджикистана» Институт Энергетика Таджикистана (г. Бохтар, 2018 г); МНПК: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ (г. Душанбе, 2019 г); МНПК, «Естествознание, техника, технологии: современные парадигмы и практические разработки» г. Белгород, (Россия, 2019 г); МНПК, «Прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» г. Белгород,(Россия, 2020 г); V Международная (XI Всероссийская конференция) Строительство и застройка: жизненный цикл - 2020, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», (Россия, 2020 г); МНПК на тему: «Куатбековские чтения-1: Уроки Независимости», посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан г. Чимкент (Казахстан, 2021 г); МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», 6-7 октября 2023 года, г. Душанбе, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана.

**Публикации.** Основные результаты исследований по теме докторской изложены в 22 работах, в том числе 11 статьях из перечня ведущих рецензируемых научных журналов ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

По результатам исследований получен 1 малый патента Республики Таджикистан № TJ 1417 от 22 ноября 2022 года.

Изобретение относится к области подземного строительства, а именно к устройствам возведения подземных сооружений различного назначения, преимущественно к строительству водопропускных сооружений и подземных переходов.

Сооружение содержит фундамент, боковые стенки с установленными на них арками перекрытия и грунтовую засыпку, на которую уложена дорожная одежда. Боковые стенки с арками перекрытия выполнены сборными или монолитными в зависимости от степени косогорности. В сопряженных частях боковых стенок и арок вставлены прокладки из фторопласта. Для предотвращения сдвига при сейсмическом воздействии в фундаменте выполнен поперечный "зуб", упирающийся в грунт основания.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка литературы и заключения. Общий объём работы включает 137 страниц, 105 рисунок, 20 таблиц, приложения, список использованной литературы из 123 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

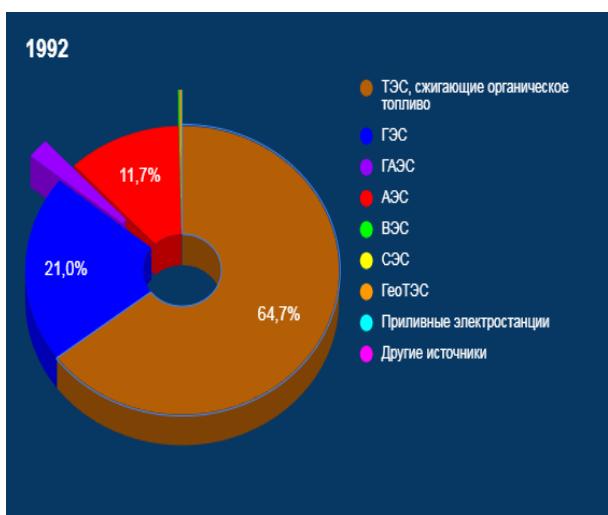
**Во введении** изложены актуальность темы, цели и задачи работы, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы, вопросы, личный вклад автора, достоверность результатов исследований и проведены данные об апробации работы, публикациях и о структуре и объёме диссертации.

**Первая глава** посвящена опыту строительства зарубежных и отечественных гидротехнических сооружений, а также обзору опыта развития гидроэнергетики мира, центрально азиатских республик и Российской Федерации.

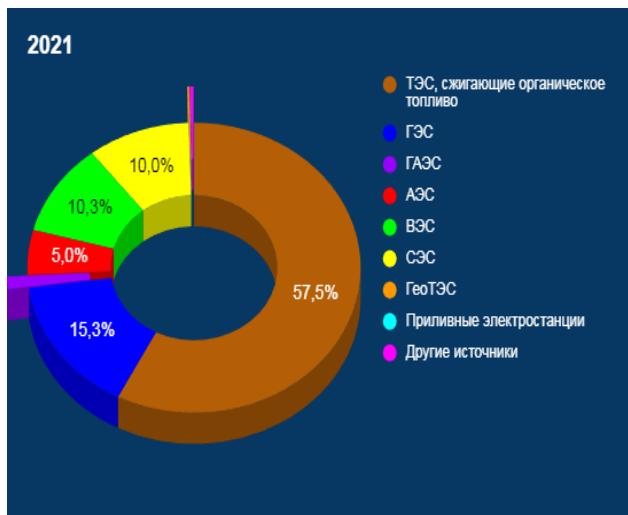


**Рисунок 1. Развитие гидроэнергетика в мире**

Особенности строительства гидроэлектростанции заключается том, что эти виды гидроэлектростанций являются важными для транспортной системы страны. Также, производство электроэнергии на гидроэлектростанции является попутной, равно, как и производство электроэнергии на ТЭЦ.

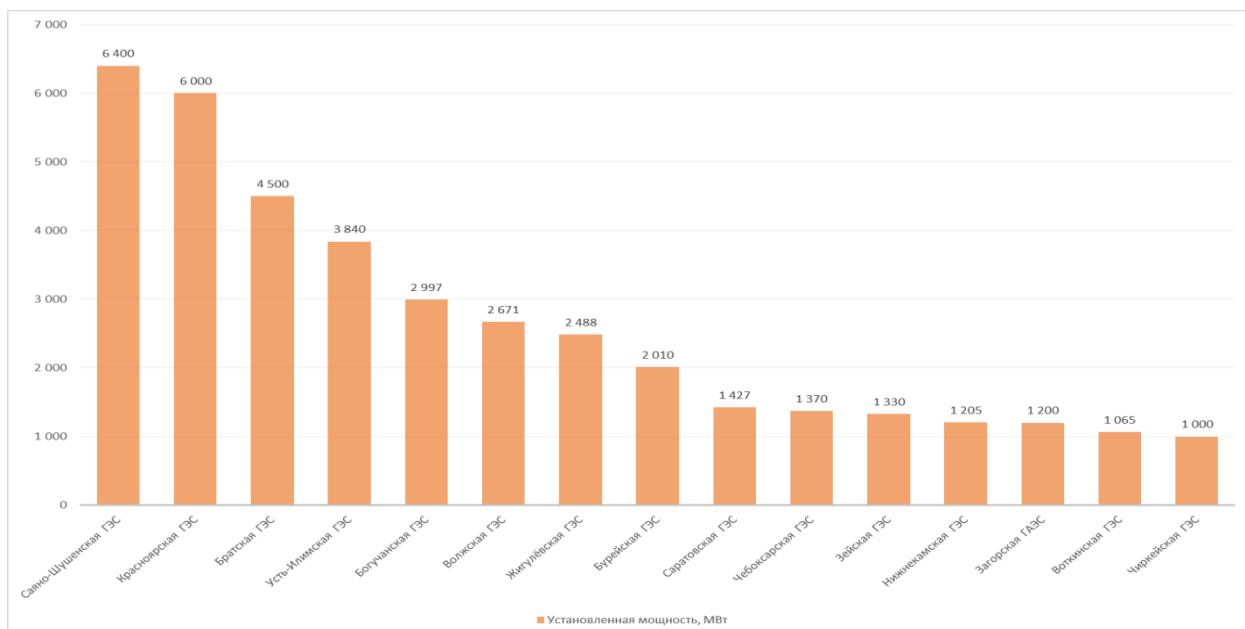


**Рисунок 2.** Структура установленной мощности электростанций по типам за 1992 год, млн. кВт (%)



**Рисунок 3.** Структура установленной мощности электростанций по типам за 2021 год, млн. кВт (%)

В России гидроэнергетика является важнейшей частью электроэнергетики страны. В Российской Федерации общая мощность гидроэлектростанций превышает 52 ГВт, что составляет около 20% общей мощности всех электростанций страны. Из пяти самых мощных электростанций России всех типов - три ГЭС: Саяно-Шушенская высота плотины-242м (6,4 ГВт), Красноярская высота плотины -128м (6 ГВт) и Братская высота плотины -125м (4,5 ГВт).



**Рисунок 4.** Крупнейшие ГЭС России

В мире по уровню развития гидроэнергетического потенциала с выработкой электроэнергии на гидроэлектростанции до 527 млр. кВт·ч в год Республики Таджикистан занимается 8-е место. Следует отметить, что по

оценкам экспертов к 2030 году республике потребуется модернизации существующих мощностей гидроэлектростанции около 80% в стране.

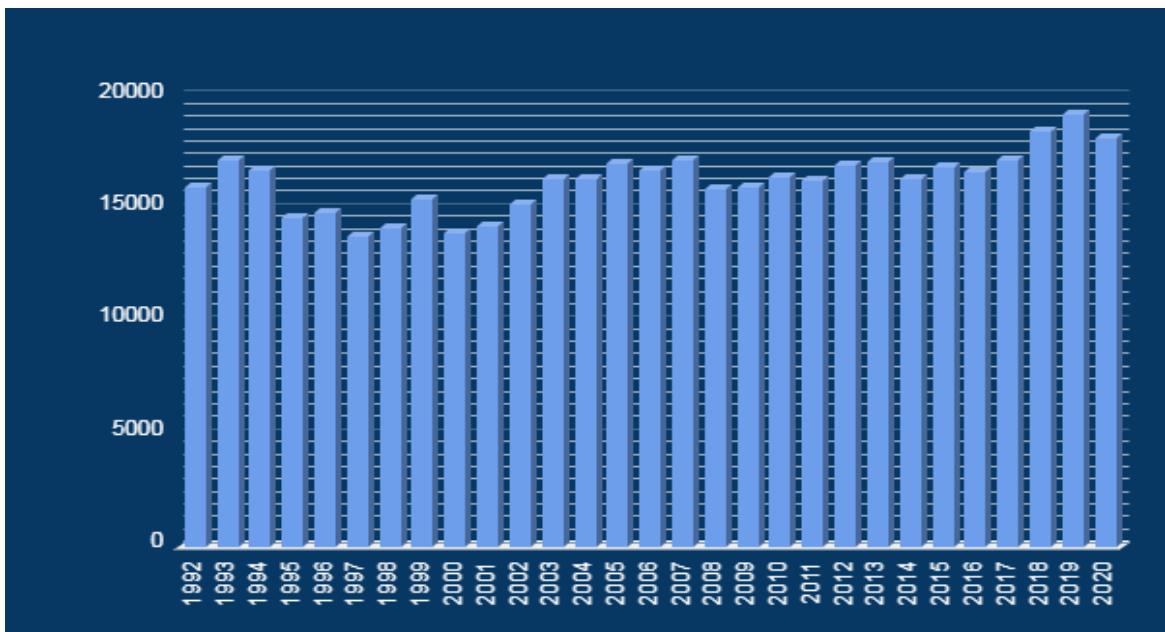


Рисунок 5. Производство электроэнергии на ГЭС, 1992-2020, млрд. кВт·ч

## Глава 2. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА И МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

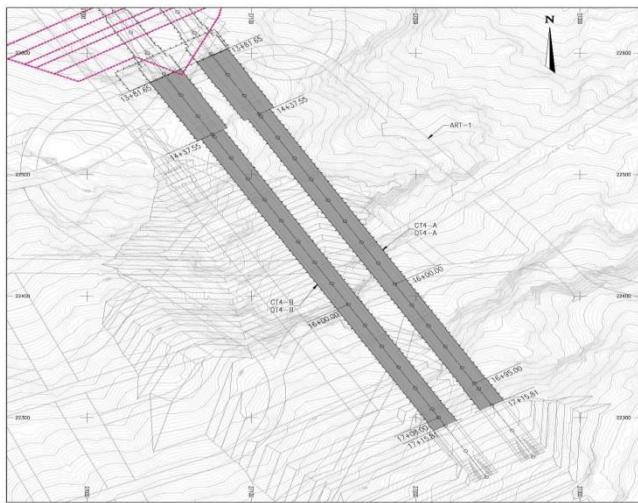
**Во второй главе** освещены вопросы инженерно-геологических условий гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС.

Безнапорные тоннели СТ-4 расположены за низовой камерой затворов, и начинаются на ПК 13+81.65 м и заканчиваются на ПК 17+15.81 м. рисунки 6 и 7 показывают общий план и продольный профиль СТ-4. Некоторые типовые сечения данных тоннелей изображены на рисунках 8 и 9.

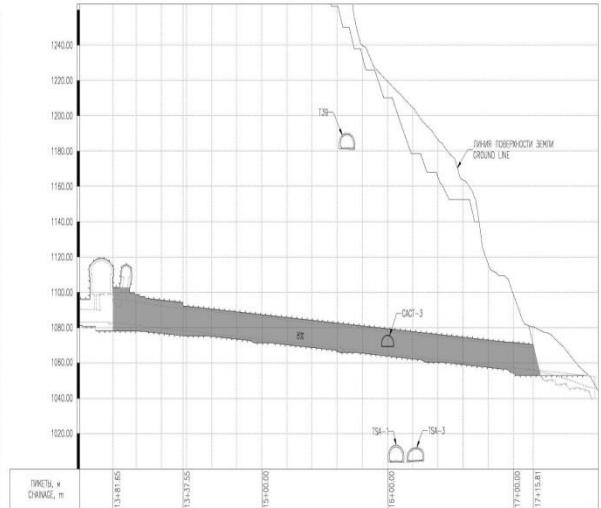
Были получены анализы по неразрушенной горной породе при разработке гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС. Следует отметить, что также были определены оценка состояния толщи горных пород с использованием самых современных методом системы классификации (Q2015). Также для выявления первичной крепи горных пород, которые требовались при разработке СТ-4 в различных литологических грунтах.

Кроме того, для оценки параметров породного массива использовалась откорректированная версия классификации по GSI, разработанная В Мариносом в 2010 с проверкой при помощи количественного метода (Хоек и др., 2013). Затем, путем применения аналитического метода (анализ клиньев) и математического метода (конечно-элементный анализ),

системы первичной крепи породы, подобранные при помощи эмпирического метода, проверялись, и принималось решение о требуемых системах крепи для установки в различных частях СТ-4.

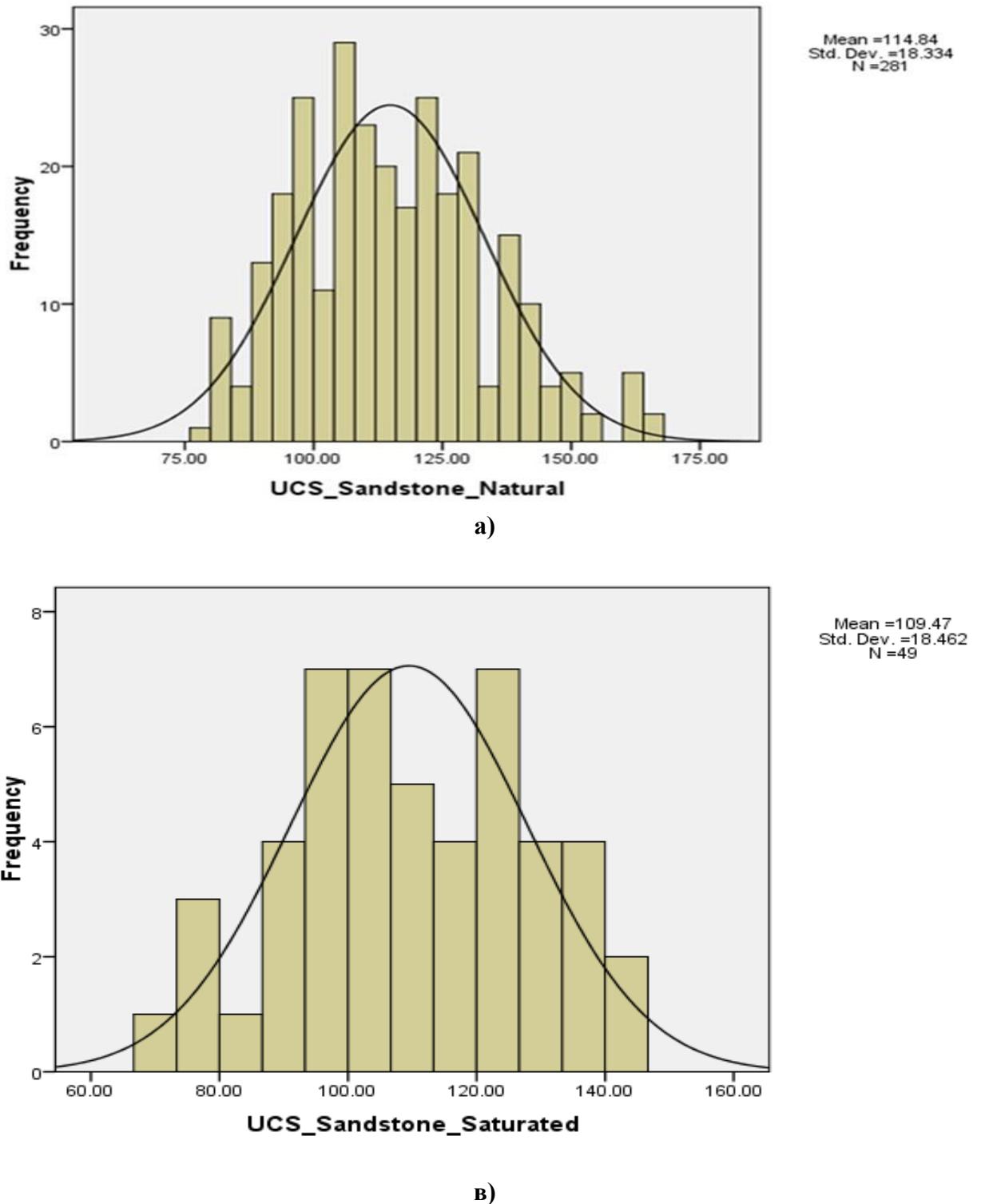


**Рисунок 6.** Вид в плане безнапорный тоннелей СТ-4



них на основании значения GSI, как предложено Хоеком и др, а другая – на основании значения Q, как предложено Бартоном.

На рисунок 10 показаны гистограммы эквивалентных значений UCS для песчаников трех геологических формаций в естественном и насыщенном состоянии.



**Рисунок 10.** Гистограммы эквивалентных значений UCS песчаников в свитах K1ob2, K1kr и K1mg1 и кривая нормального распределения: а) песчаник в естественном состоянии, в) песчаник в водонасыщенном состоянии

### **Глава 3. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТ-4 РОГУНСКОЙ ГЭС**

**Третья глава** посвящена состоянию и геотехническому мониторингу гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС. Строительный тоннель СТ-4 по протяженности составляет 1760м. Отметка лотка на входном портале 1090,00м, на выходном портале около 1055,00м. Пропускная способность строительного тоннеля при максимальном напоре составляет 3500м<sup>3</sup>/сек. В напорной части сечение тоннеля круглое с диаметром 15,0м с длиной до участки разветвления тоннеля, также начинается с ПК12+37,30 на точке Т-20. Следует отметить, что безнапорная часть тоннеля из двух ветвей с подковообразным поперечным сечением, берет начало после камеры затворов и в дальнейшем, при поднятии уровня ВБ (верхнего бьефа) используется для подключения ТВВУ-1 (HLO-1) через шахты, который обеспечивает на период постоянной эксплуатации Рогунского гидроузла.

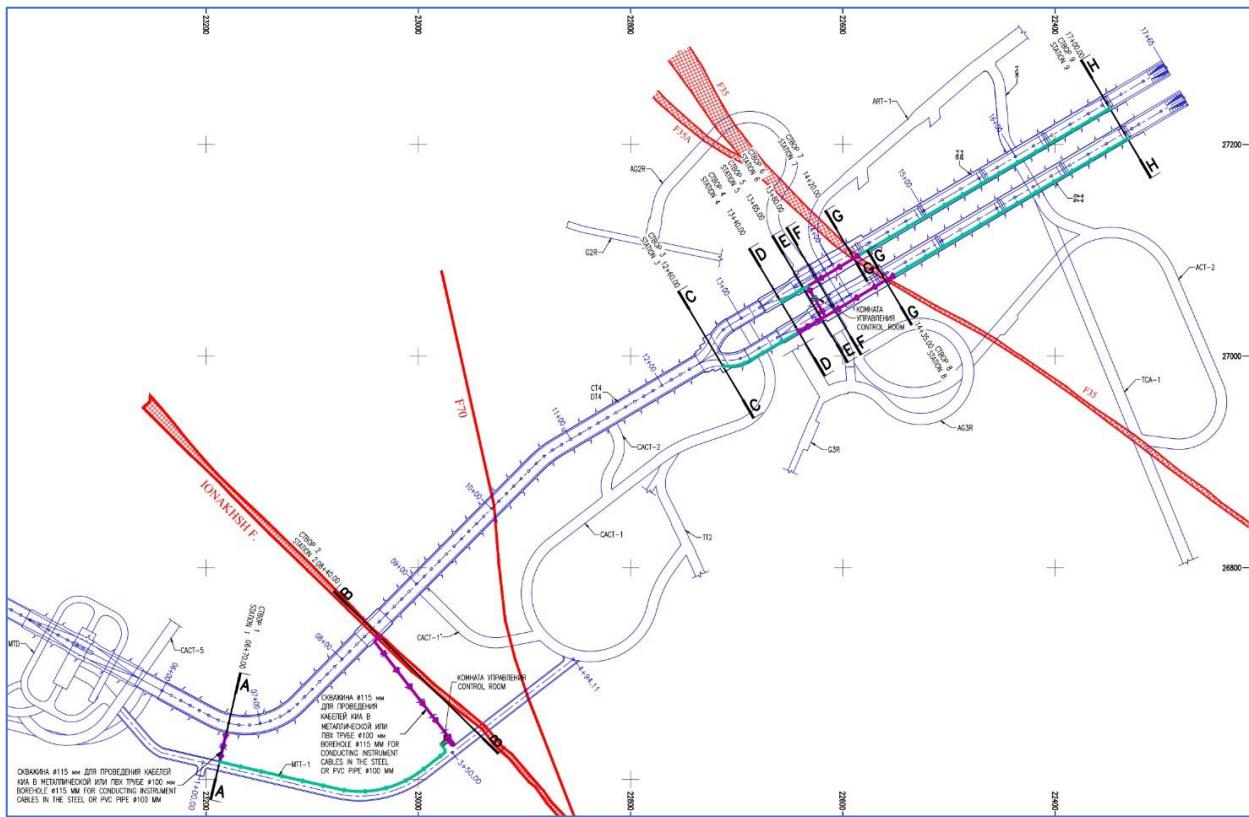
Система мониторинга строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС включает в себя 9 измерительных створов - участки с контрольно-измерительной аппаратурой (рисунки 11).

Створ КИА №1 (ПК 06+70.00); Створ КИА №2 (ПК 08+40.00); Створ КИА №3 (ПК 12+60.00); Створ КИА №4 (ПК 13+40.00); Створ КИА №5 (ПК 13+65.00); Створ КИА №6 (ПК 13+80.00); Створ КИА №7 (ПК 14+20.00); Створ КИА №8 (ПК 14+35.00); Створ КИА №9 (ПК 17+00.00).

Основной целью является подбор схемы размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) для измерения гидравлических параметров вдоль строительного тоннеля СТ-4, определение типа и количества измерительных приборов, необходимых вдоль трассы водосброса СТ-4, и основных требований по каждому типу приборов.

Гидротехнический тоннель СТ-4 Рогунской ГЭС будет оснащен геотехническим КИА, приведенными ниже:

- 24 шт. DT4-XX-MP-XX – Многоточечный скважинный экстензометр;
- 40 шт. DT4-XX-PZ-XX – Пьезометры;
- 4 шт. DT4-XX-LS-XX – Водомерная рейка;
- 4 шт. DT4-XX-VC-XX – Видео-камера.



**Рисунок 11.** План строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС



**Рисунок 12.** Архитектура системы мониторинга ЛОТ-3

В соответствии технической записи по геотехническому оборудованию и мониторингу в СТ-4 - Р3-РОГ-В-ИН-ДТ4-00-ДТ-МН-0001-А0, КИА и их характеристики будут следующими:

**DT4-XX-MP-XX – Многоточечный скважинный экстензометр**

Кол-во точек измерений            4 (4м + 8м + 15м + 30м) или

4 (3м + 6м + 9м + 18м)

Диапазон измерений                100мм, 150мм или 200мм.

**DT4-XX-PZ-XX – Пьезометр**

Диапазон измерений                0-2 МПа

**DT4-XX-LS-XX – Водомерная рейка**

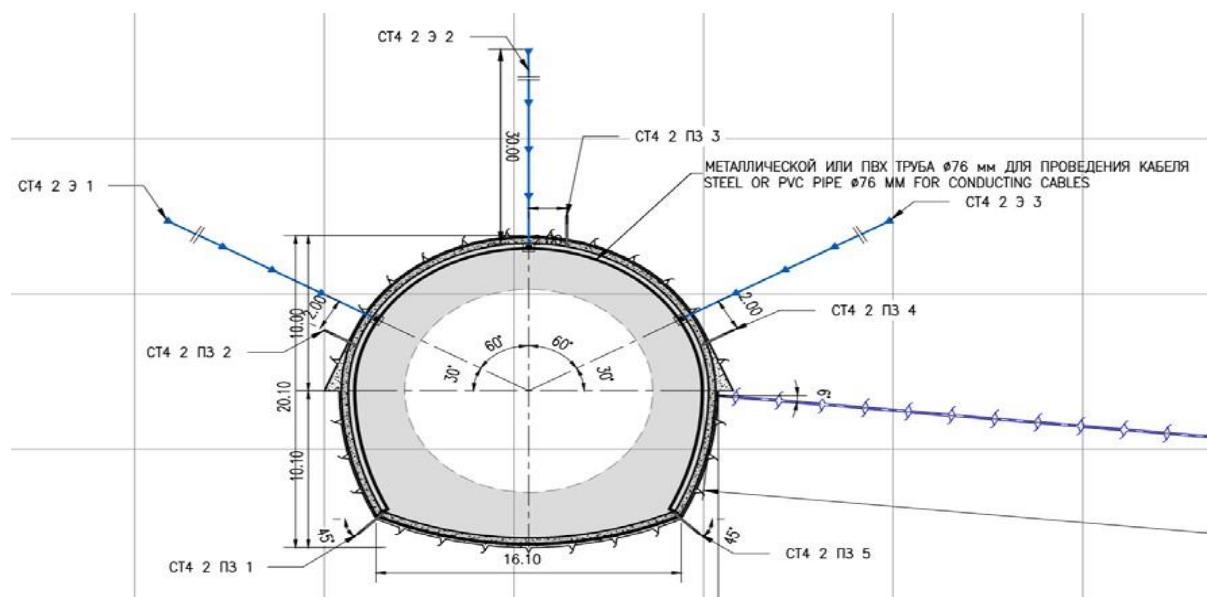
Диапазон измерений                0-12 метров

Разрешение                          5 см (0.05м)

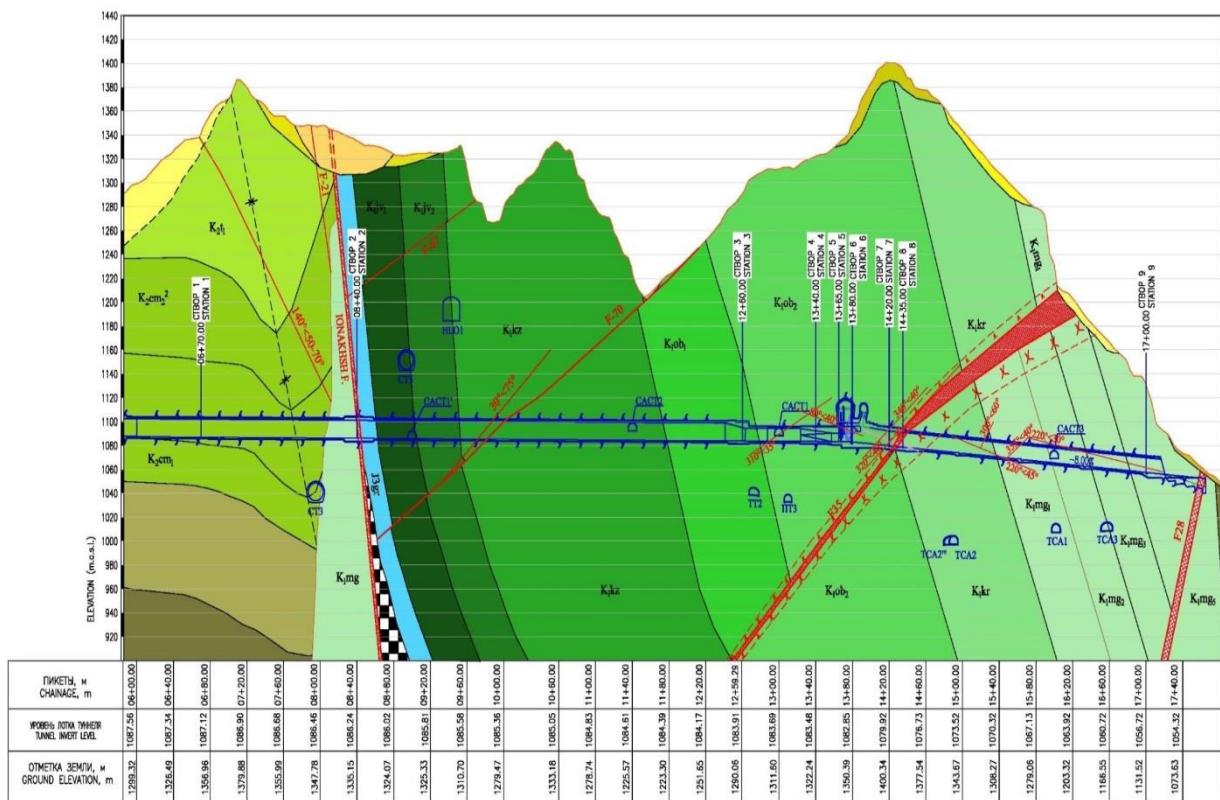
**DT4-XX-VC-XX – Видео-камера**

Разрешение                          4 МП

Основной цель является подбор схемы размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) для измерения гидравлических параметров вдоль строительного тоннеля СТ-4, определение типа и количества измерительных приборов, необходимых вдоль трассы водосброса СТ-4, и основных требований по каждому типу приборов. Также более подробный анализ гидравлической КИА, которую необходимо встроить в бетонное сооружение (обделку) и которая может оказать наибольшее влияние на проект и строительство данного сооружения. Основные рассматриваемые гидравлические измерительные приборы: датчики расхода и давления.



**Рисунки 13. Многоточечные скважинные экстензометры на створе КИА №2**



Система мониторинга гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС включает в себя 9 измерительных створов - участки с контрольно-измерительной аппаратурой.

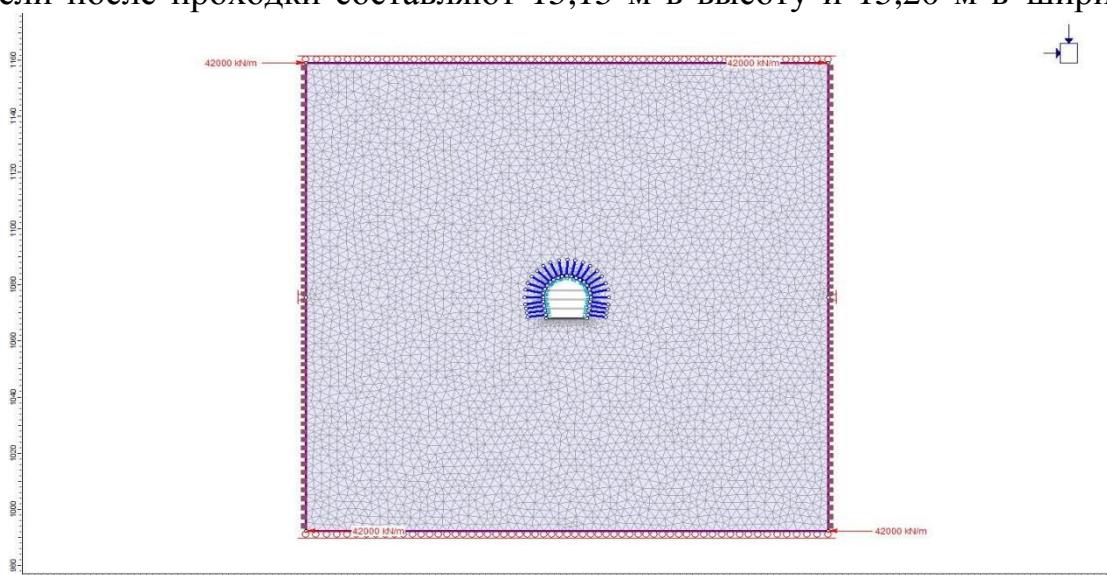
Принятая схема размещения КИА, и система мониторинга строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС включает в себя 9 измерительных створов - участки с контрольно-измерительной аппаратурой. К основным геотехническим датчикам, предусмотренным для установки в СТ-4 между пикетами 06+00 м и 17+16 м, относятся вибрационные струнные (ВС) пьезометры и экстензометры.

#### **Глава 4. РАСЧЕТ НДС СТ-4 МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ**

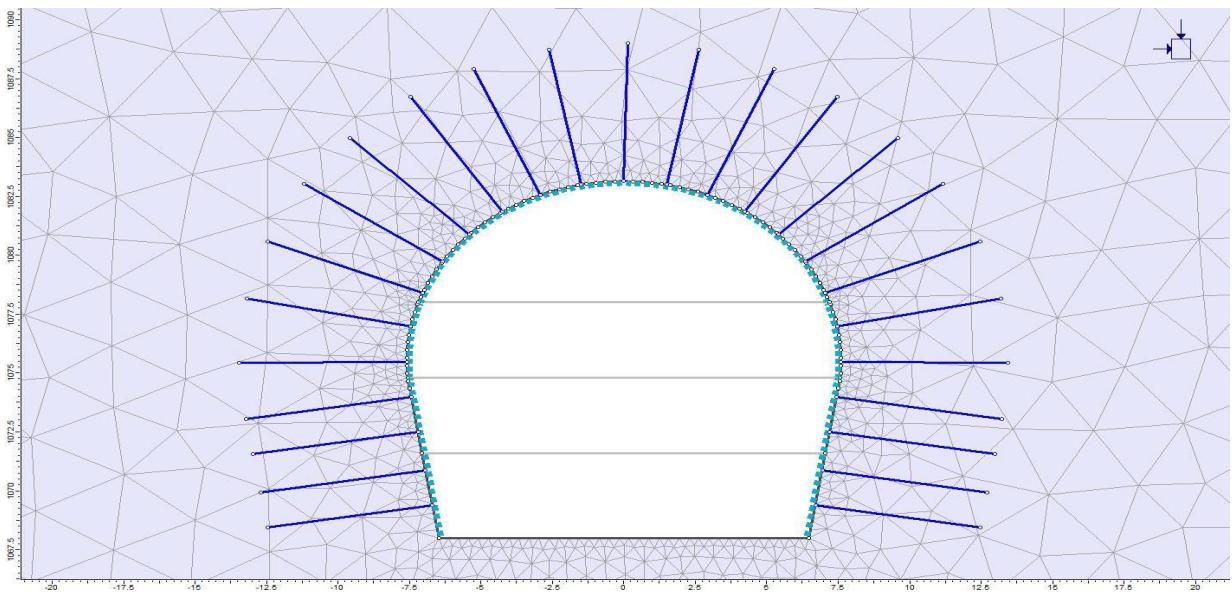
**Четвертая глава** посвящена расчету с использованием конечно – элементного моделирования гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС.

В качестве последнего этапа проектирования крепи породы для безнапорных тоннелей СТ-4 (от пикета 13+82м до 17+16м тоннеля СТ4) было выполнено математическое моделирование данных тоннелей с исследованием напряжения породы после проходки СТ-4 и установки систем крепи породы. Для этого была использована программа для вычислений конечно-элементными методами RS2, вер. 9.0, разработанная RocScience Co. из Торонто, Канада.

Для подковообразного сечения безнапорных тоннелей СТ-4 на пк 15+50 м для СТ-4 в породном массиве класса I-а (сечение 1) была создана модель в месте, где планируется установить систему крепи породы типа D4-I, включающую торкрет-бетон толщиной 10 см с 1 слоем металлической сетки Ø6@150x150 мм, а также полностью цементируемые анкеры Ø32 мм, L=5.85 м @1.5x1.5 м. Размеры каждого безнапорного тоннеля в данной модели после проходки составляют 15,15 м в высоту и 15,20 м в ширину.

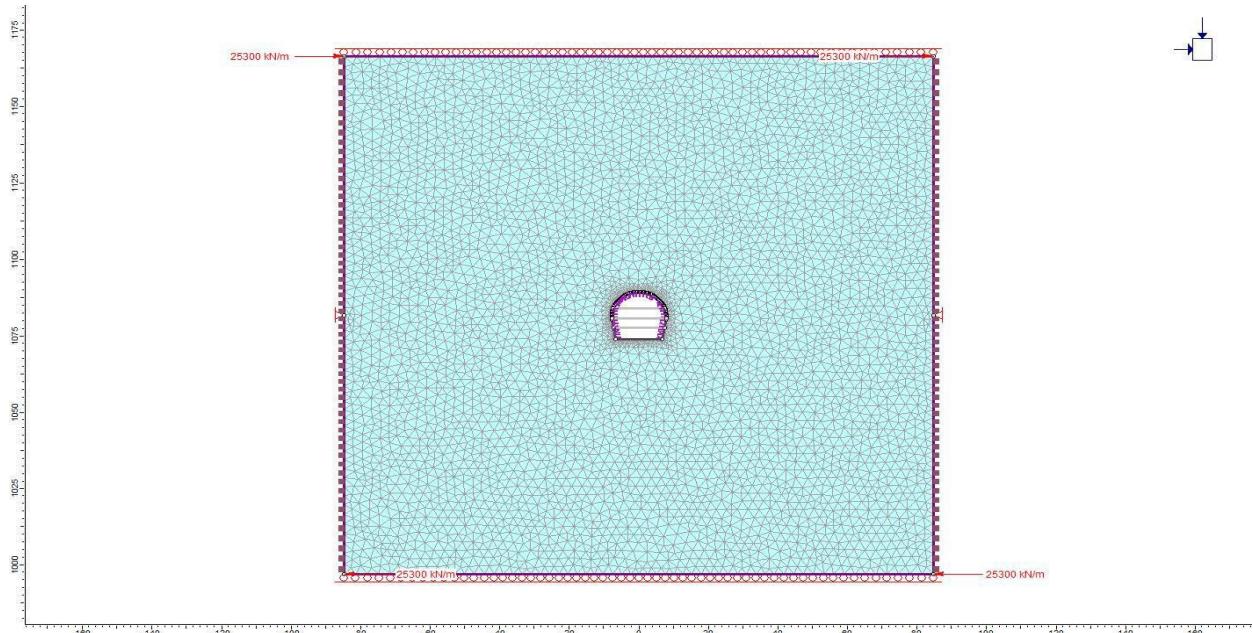


**Рисунок 16.** Общий вид К-Э модели безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 1

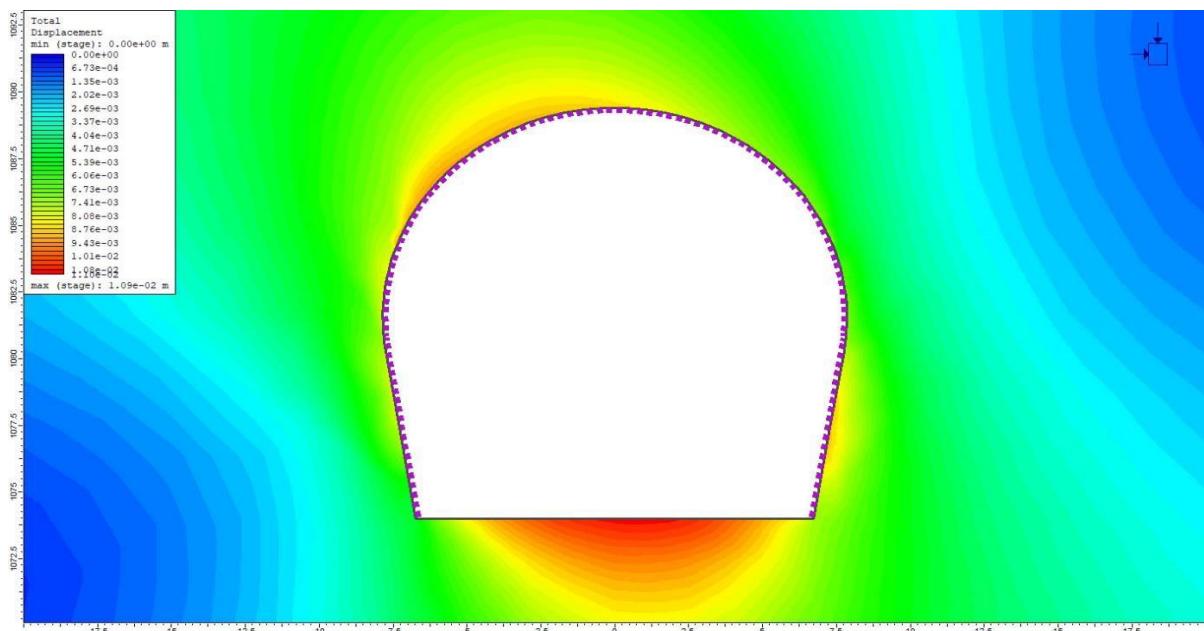


**Рисунок 17.** Укрупненный вид К-Э модели безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 1 - Этап 11

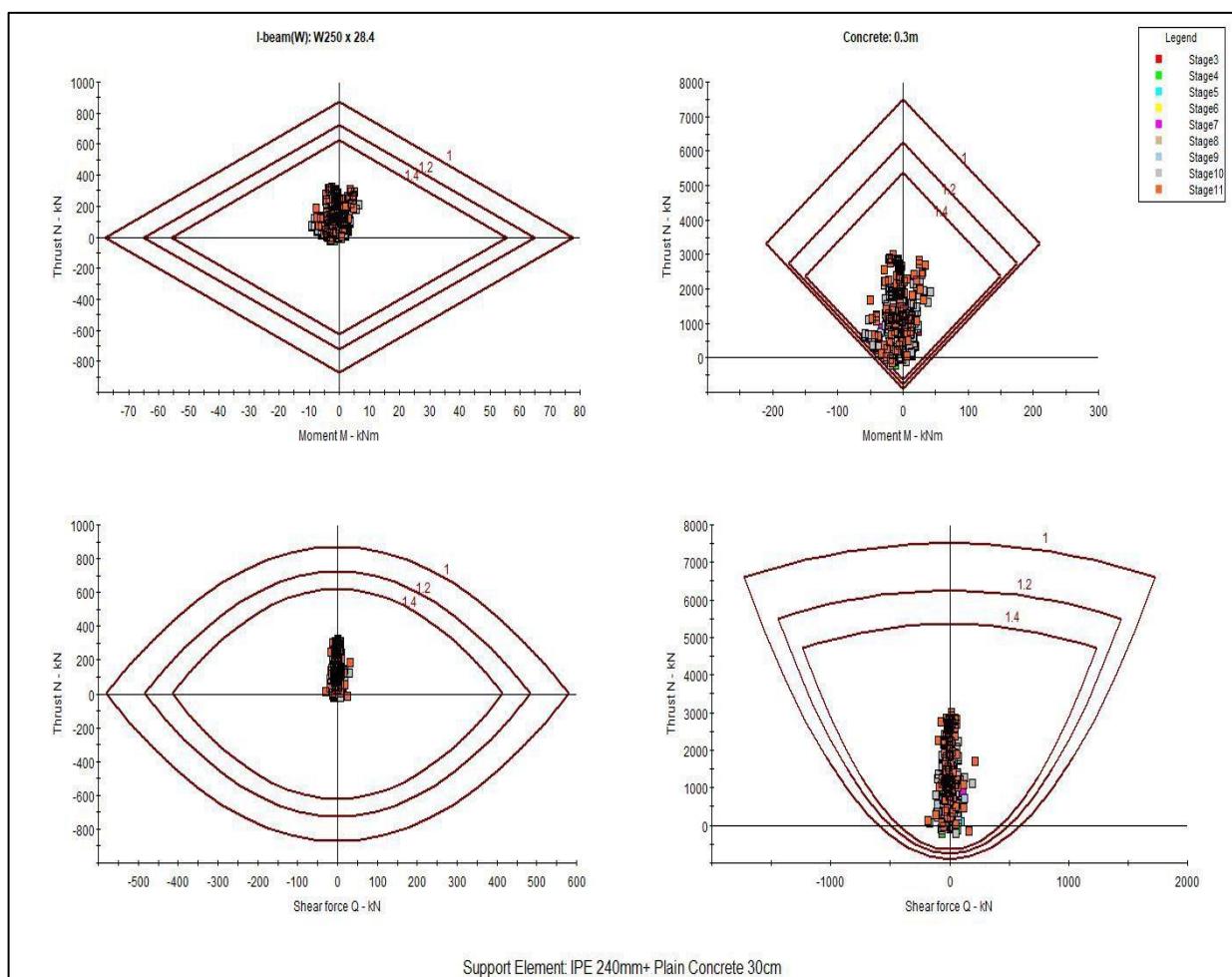
Для подковообразного сечения безнапорных тоннелей СТ-4 на ПК 15+20 м для СТ-4 в породном массиве класса III-а (сечение 2) была создана модель в месте, где планируется установить систему крепи породы типа D4-II включающую торкрет-бетон толщиной 5 см, неармированный бетон толщиной 30 см С25/30 и стальное ребро IPE240 мм @1.0 м. Размеры каждого безнапорного тоннеля в данной модели после проходки составляют 15.40 м в высоту и 15.70



**Рисунок 18.** К-Э модели безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 2, класс породного массива III-а, тип крепи породы D4-II включая торкрет-бетон толщиной 5 см, 30 см толщиной неармированный бетон С25/30 и стальное ребро IPE240 мм @1.0 м - Этап 11



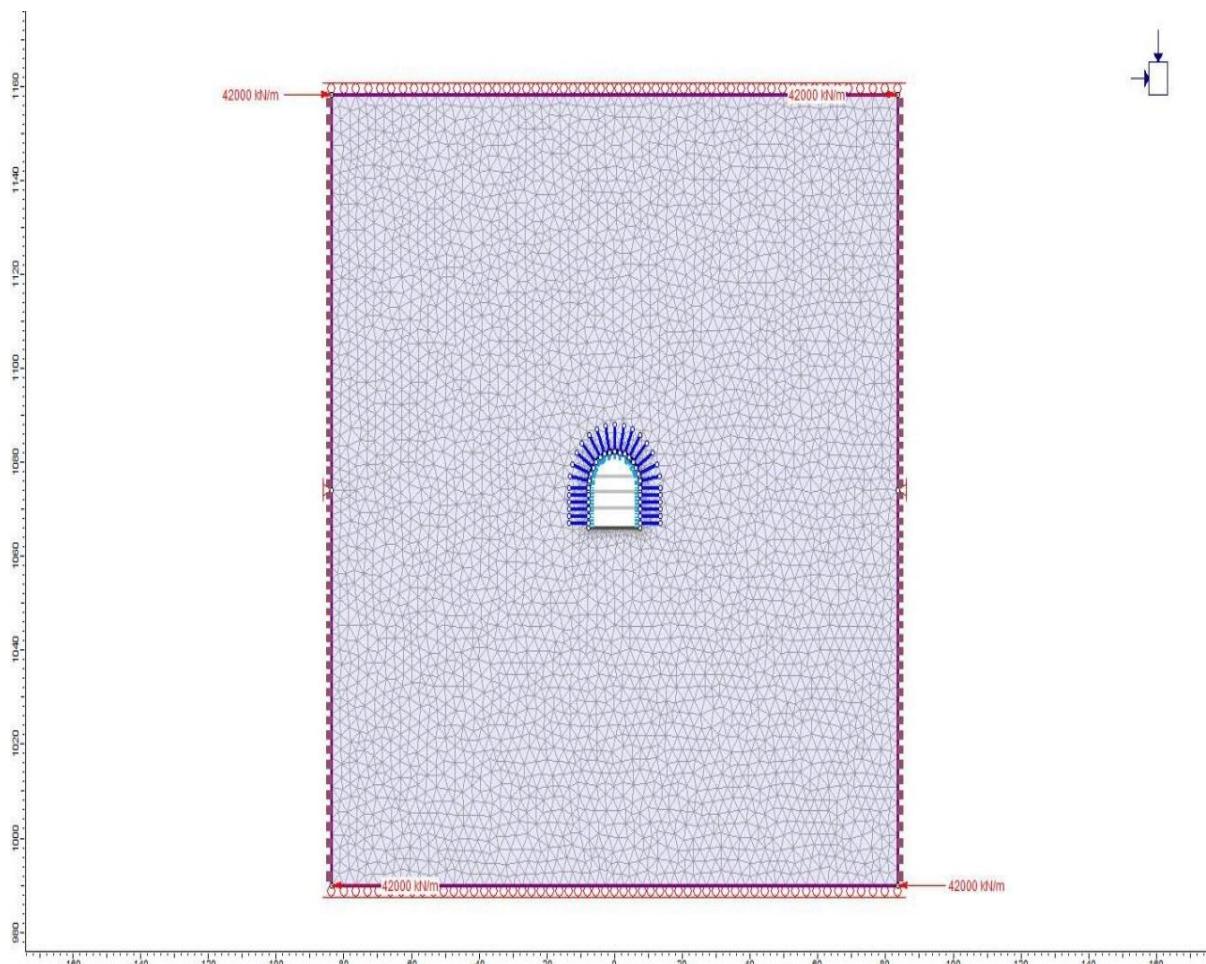
**Рисунок 19.** Общие смещения в породных массивах вокруг безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 2 - Этап 11



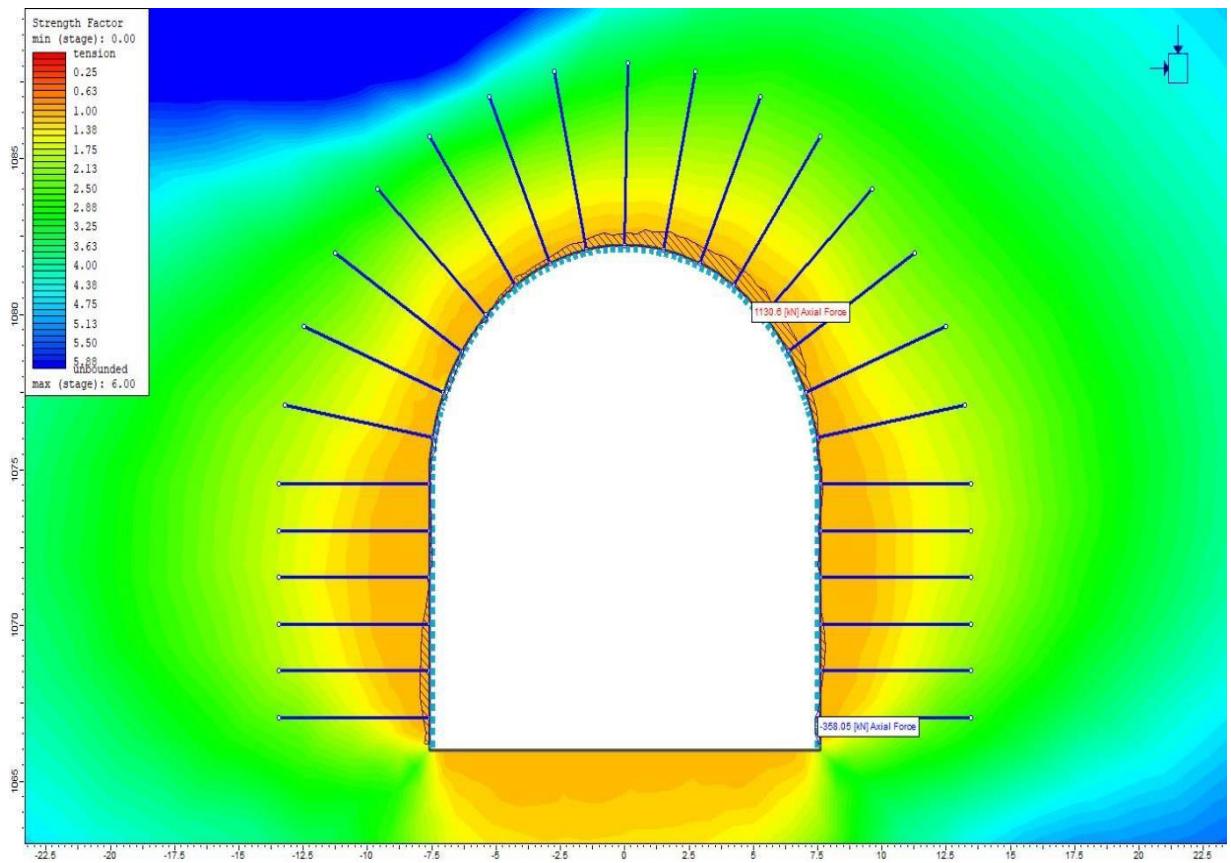
**Рисунок 20.** Несущая способность неармированного бетона и стального ребра в обделке в сечении 2 безнапорных тоннелей СТ-4

Анализ напряжения показал, что меры по временному укреплению породы, предусмотренные для данного сечения, будут сохранять свою функциональность на различных этапах ведения проходки. Необходимо отметить, что в связи с применением сейсмической нагрузки, равной землетрясению, которое может произойти во время проходки безнапорных тоннелей ( $OBE = 0.27g$ ), достижение устойчивости этих тоннелях в данном сечении 2 является возможным и тоннель после приложения такой нагрузки останется в работоспособном состоянии.

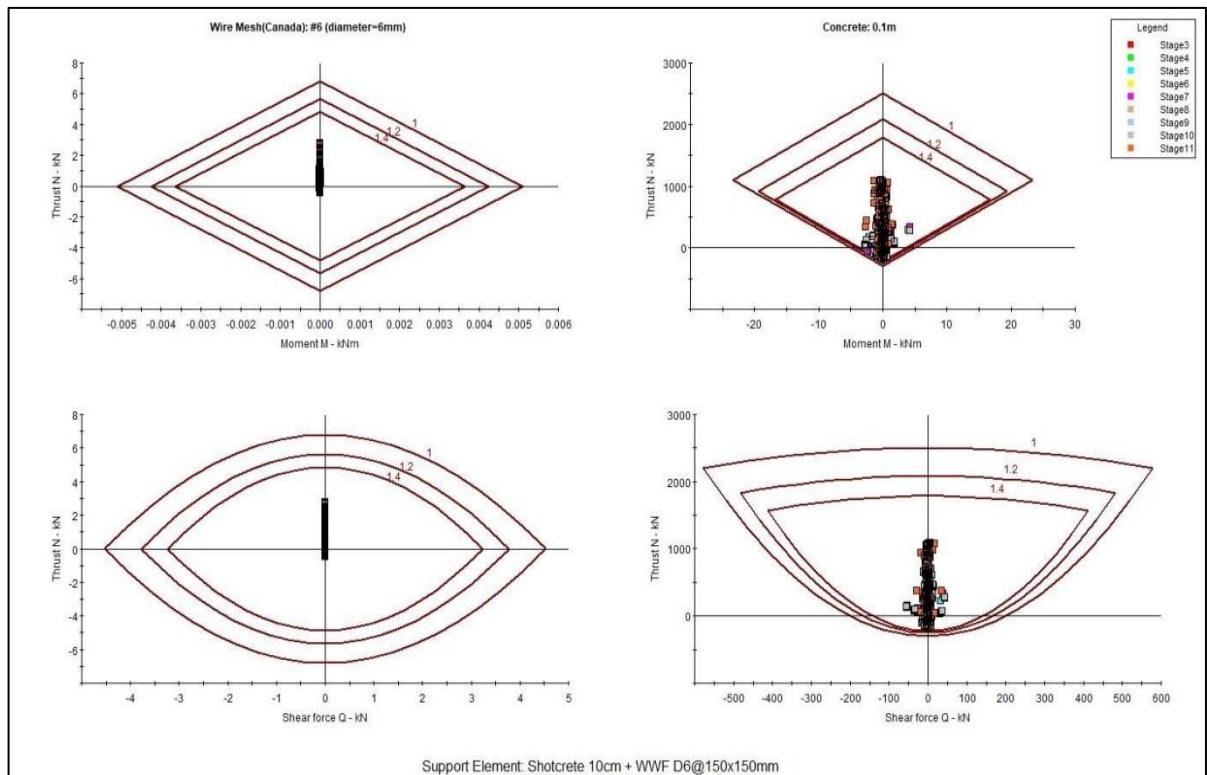
Данная модель была создана для D-образного сечения безнапорных тоннелей СТ-4 на ПК. 15+70 м для тоннеля СТ4-А и СТ4-В в породном массиве класса I-а (сечение 3), где планируется установка крепи породы D4-IV включая торкрет-бетон толщиной 10 см с 1 слоем металлической сварной сетки Ø6@150x150 мм и полностью цементируемые анкерные болты Ø32 мм, L=5.85 м @1.5x1.5 м. Размеры каждого безнапорного тоннеля в данной модели после проходки составляют 16.20 м в высоту и 15.20 м в ширину.



**Рисунок 21.** Общий вид К-Э модели безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 3, класс породного массива I-а, тип крепи породы D4-IV включая 10 см армированный торкрет-бетон с 1 слоем WWF Ø6@150x150 мм и полностью цементируемые анкерные болты Ø32 мм, L=5.85 м @1.5x1.5 м - Этап 11.

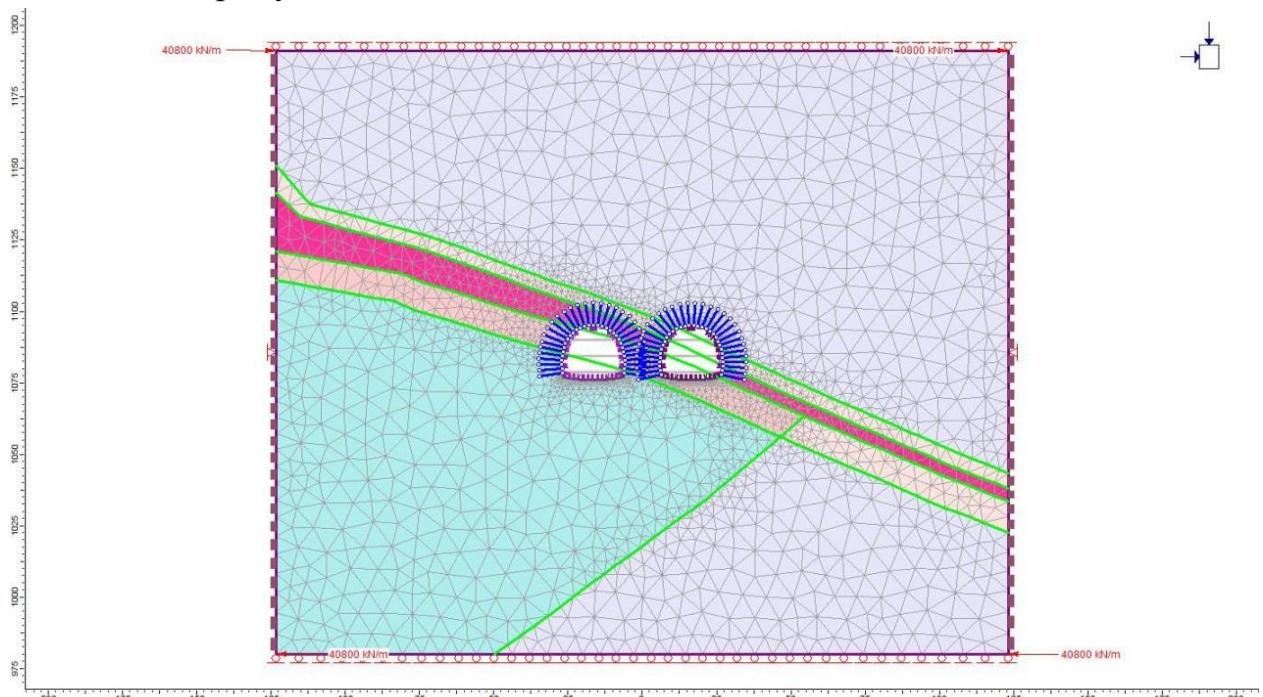


**Рисунок 22.** Коэффициенты прочности в породных массивах вокруг безнапорных тоннелей СТ-4 и осевые усилия в обделке в сечении 3 - Этап 11

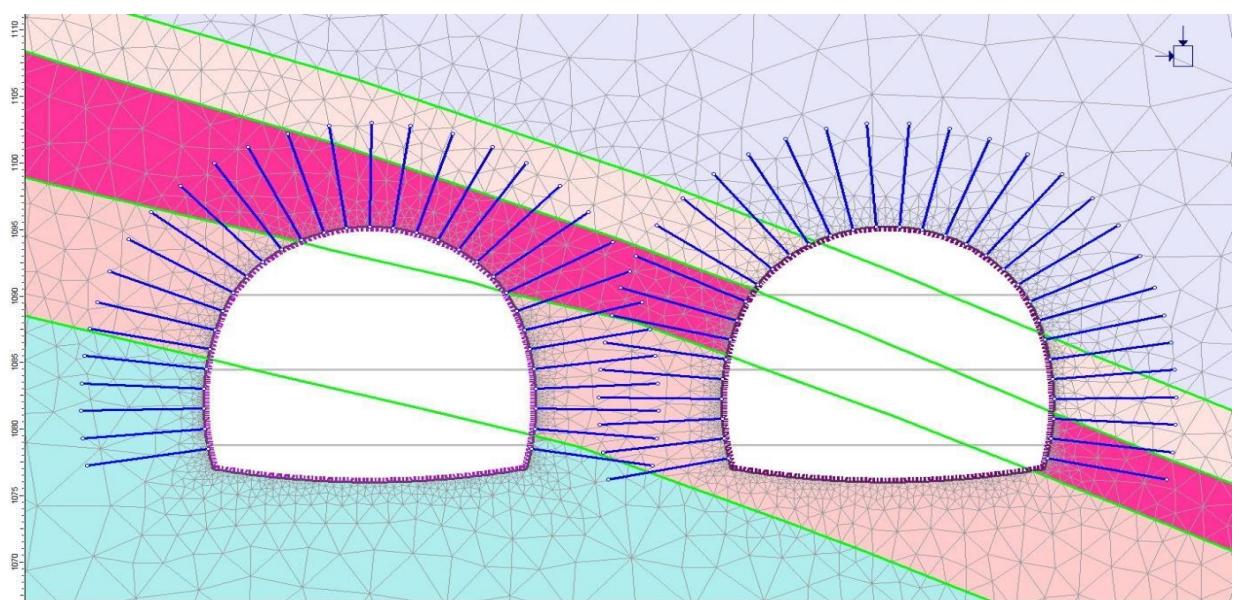


**Рисунок 23.** Несущая способность армированного торкет - бетона в обделке в сечении 3 безнапорных тоннелей СТ-4

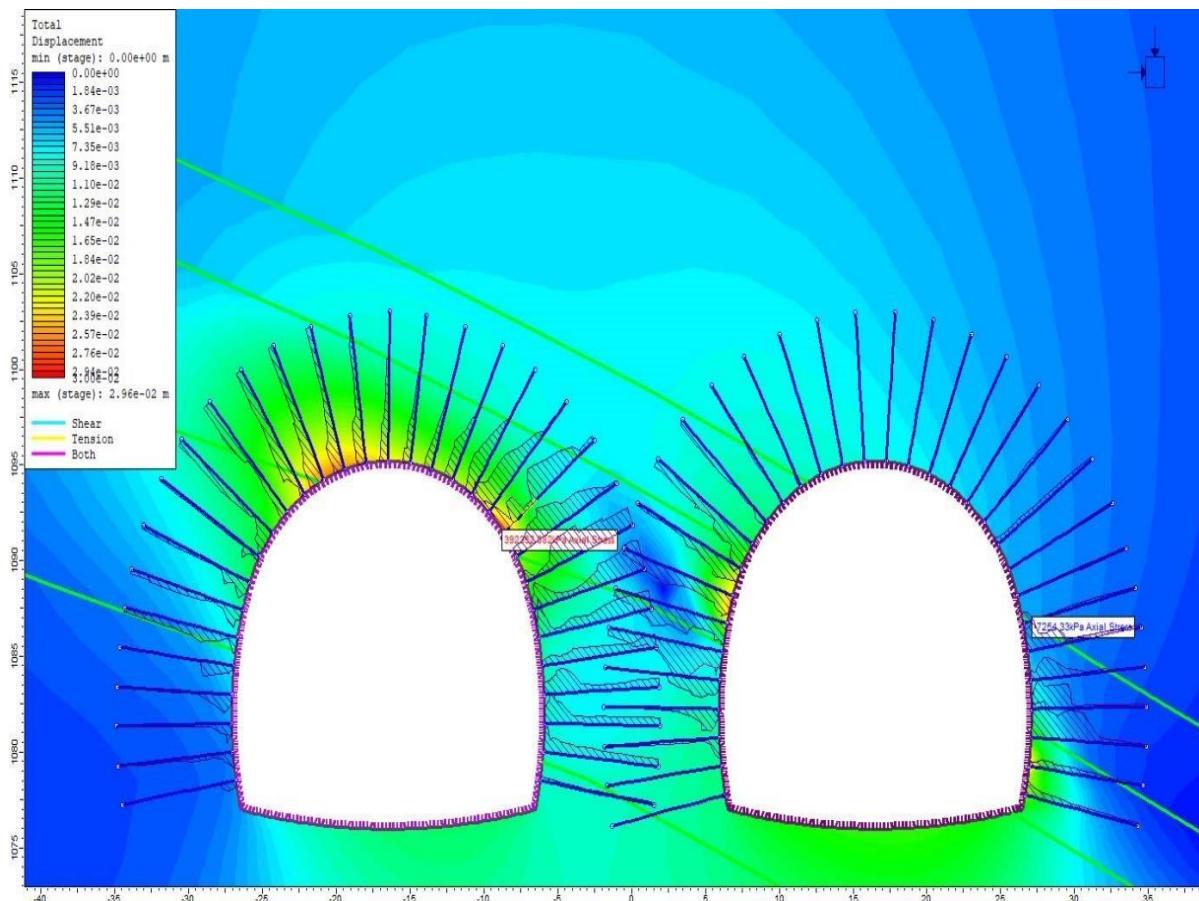
Данная модель была создана для подковообразного сечения безнапорных тоннелей СТ-4 на ПК. 14+30 м тоннелей СТ4-А и СТ4-В в породном массиве класса IV (**сечение 6**) где данные тоннели пересекают зону разлома 35 и планируется установка крепи породы типа XXV включая торкрет-бетон толщиной 5 см, марки бетон C25/30 без арматуры, толщина составляет 35 см по стальному ребру имеется ребро IPE300 мм @ 1.0 м (в своде тоннеля, стены и лотковой части) и полностью цементируемые анкерные болты Ø40 мм, L= 7.80 м @ $1.5 \times 1.0$  м. Размеры каждого безнапорного тоннеля в данной модели после проходки составляют 19.20 м в высоту и 21.20 м в ширину.



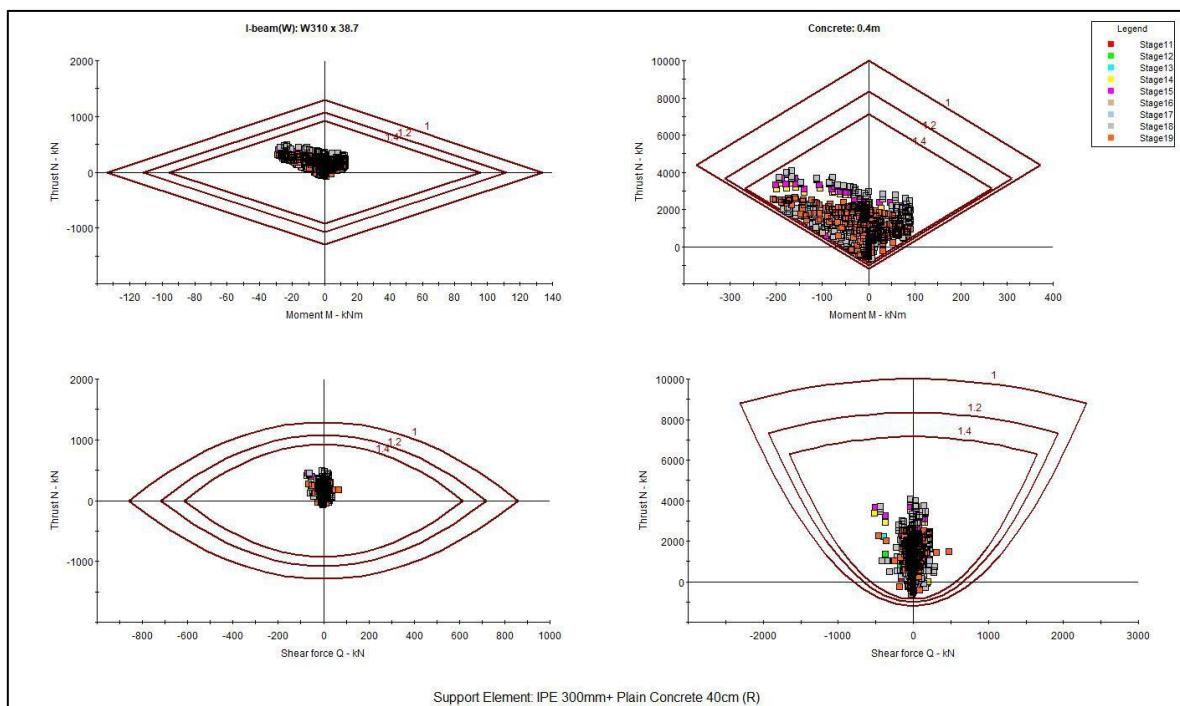
**Рисунок 24.** Общий вид К-Э модели безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 6



**Рисунок 25.** Укрупненный вид К-Э модели безнапорных тоннелей СТ-4 в сечении 6 - Этап 19



**Рисунок 26.**Общие смещения в породных массивах вокруг безнапорных тоннелей СТ-4 и осевое напряжение в анкерных болтах в сечении 6 - Этап 19



**Рисунок 27.** Несущая способность неармированного бетона и стального ребра в обделке в сечении 6 безнапорных тоннелей СТ4 – Правый тоннель

Анализы эмпирического, аналитического и математического методов проектирования, с использованием результатов программ Q2015, UnWedge и К-Э моделирование безнапорных тоннелей СТ-4, а также принимая в расчет форму и размер поперечных сечений, и толщину бетонной обделки в данной зоне, рекомендованы нижеследующие классы крепи породы (таблица 1).

**Таблица 1.** Рекомендуемые классы крепи породы в переходном участке после низовой камеры затворов СТ-4В и безнапорных тоннелей

№	Породный массив	Крепь породы типа	Пикетаж (м)	Значение Q и GSI	Торкрет - бетон	Полнотью цементировано	Неармировано	Стальное ребро
<b>СТ4А</b>								
1	K1kr & K1mg1 с главными трещинами	D4-I & D4-IV	14+88 - 15+07	0.61<Q<1.78 45<GSI<55	10 см толщиной	Ø32мм, L = 5.85 м @ 1.5×1.5 м	-	-
2			15+38 - 15+89					
3			16+14 - 16+21					
4	K1mg1 с главными трещинами и K1kr, K1mg1, K1mg2 & K1mg3 с второстеп. разломами	D4-II, D4-V,& D4-VI& D4-VII	14+60 - 14+88	0.22<Q<1.00 40<GSI<55	5 см толщиной	-	30 см толщиной	IPE 240 мм, промежуток 1.00 м
5			15+07 - 15+38					
6			15+88 - 16+14					
7			16+21 - 17+16					
8	K1kr (Разрушенная зона разлома 35)	D4-IIIa	14+37 - 14+60	0.17<Q<0.44 35<GSI<40	5 см толщиной	-	40 см толщиной	IPE 300 мм, промежуток 1.00 m
9	K1ob2 с главными трещинами	XX, XXI, XXII & XXIII	13+82 - 14+03	0.28<Q<0.59 50<GSI<55	5 см толщиной	Ø40мм, L = 7.80 м @ 1.5×1.0 м (Стены)	35 см толщиной	IPE 300 мм, промежуток 1.00 m
10	K1ob2 & K1kr (разрушенная зона разлома 35)	XXIV & XXV	14+03 - 14+07	0.17<Q<0.44 35<GSI<40	5 см толщиной	Ø40мм, L = 7.80 м @ 1.5×1.0 м (Свод и стены)	35 см толщиной	IPE 300 мм, промежуток 1.00 m (Свод, стены и лотковая часть)
11			14+28 - 14+37					
12	Разлом 35	XXV	14+07 - 14+28	0.017<Q <0.028 25<GSI<30	5 см толщиной	Ø40мм, L = 7.80 м @ 1.5×1.0 м (Свод и стены)	35 см толщиной	IPE 300 мм, промежуток 1.00 m (Свод, стены и лотковая

Следует отметить что, несмотря на то, что в отношении безнапорных тоннелей был выполнен анализ устойчивости клиньев, при выборе необходимых систем крепи в расчет были приняты более консервативные меры, предложенные по результатам К-Э анализа, выполненного с учетом Q2015 как показано таблице 4.12. Основной

причиной выбора стальных ребер и неармированного бетона является доступность данных материалов на объекте строящейся Рогунской ГЭС. При этом настоящая система RRS, предлагаемая в соответствии с Q2015 и включающая набрызгиваемый бетон, пока на данном проекте не использовалась.

Кроме того, при проходке безнапорных тоннелей СТ-4 отвечающие необходимым требованиям классы крепей будет определять инженер-геотехник на объекте, с учетом фактически наблюдаемых условий грунта. Иными словами, по результатам наблюдений и фактического геотехнического состояния породных массивов, вмещающих СТ4-БНТ, а также их поведения, отмечаемых во время различных этапов проходки и стабилизации грунта, будет осуществляться любая необходимая адаптация классов крепи. Если потребуется, на этапе проходки будет выполнен дальнейший анализ с целью проверки классов крепи с тем, чтобы убедиться, что выбранная система крепи для каждой части тоннеля является достаточной, особенно это касается локаций, где состояние грунта или поведение породного массива будет отличаться от ожидавшихся. Необходимо отметить, что максимальное расстояние между законченной крепью породы и лицевой гранью тоннеля.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Результаты наблюдений и фактического геотехнического состояния породных массивов, вмещающих СТ-4, а также их поведения, отмечаемых во время различных этапов проходки и стабилизации грунта, осуществляется с учётом инженерно-геологических факторов, влияющих на упругопрочностные характеристики вмещающих массивы горных пород. Если потребуется, на этапе проходки, будет выполнен дальнейший анализ с целью проверки классов крепи с тем, чтобы убедиться, что выбранная система крепи для каждой части тоннеля является достаточной, особенно это касается локаций, где состояние грунта или поведение породного массива будет отличаться от ожидавшихся [1-А, 4-А, 8-А].

2. По результатам численного моделирования напряженно-деформированного состояния безнапорного гидротехнического тоннеля и разработке рекомендации по выбору типа несущей конструкций с учётом сейсмоустойчивости сооружения, установлено, что максимальное расстояние между законченной крепью породы и лицевой гранью тоннеля должно составлять 2-3 м для  $Q_{min}>0.6$ , и менее 1.5 м для  $Q_{min}<0.6$  [2-А, 3-А, 4-А, 6-А, 8-А].

3. Анализы стабильности гидротехнического тоннеля СТ-4 при проектировании в скальной крепи были проведены 3-ямы способами: с применением эмпирического, аналитического и математического методов проектирования [2-А, 3-А, 4-А, 6-А, 8-А, 17-А, 19-А].

4. Разработаны рекомендации по выбору классов крепи породы, для различных литологических частей гидротехнического тоннеля СТ-4 по

инженерно-геологических условий на основании результатов моделирования [9-А, 13-А, 15-А, 20-А, 22-А].

5. Принятая схема размещения КИА и система мониторинга строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС включает в себя 9 измерительных створов - участки с контрольно-измерительной аппаратурой. К основным геотехническим датчикам, предусмотренным для установки в СТ-4 между пикетами 06+00 м и 17+16 м, относятся вибрационные струнные (ВС) пьезометры и экстензометры [1-А, 2-А, 3-А, 4-А].

6. Получены результаты геотехнического мониторинга контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС [1-А, 2-А, 3-А, 4-А].

***Рекомендации по практическому использованию результатов:***

1. Рекомендованы классы крепи породы с учетом эмпирического, аналитического и математического методов проектирования, т.е. с использованием анализов Q2015, UnWedge и К-Э моделирование безнапорных тоннелей СТ-4, а также принимая в расчет форму и размер поперечных сечений, и толщину бетонной обделки в данной зоне.

2. Анализ устойчивости клиньев, при выборе необходимых систем крепи указывает на то, что в расчете были приняты более консервативные меры, предложенные по результатам К-Э анализа, выполненного с учетом Q2015 как показано в таблице 4.1. Основной причиной выбора стальных ребер и неармированного бетона является доступность данных материалов на объекте строящейся Рогунской ГЭС и знакомство с ними местных подрядчиков. При этом настоящая система RRS, предлагаемая в соответствии с Q2015 и включающая набрызгиваемый бетон, пока в данном проекте не использовалась..

3. Представлены результаты геотехнических исследований, включая изыскания ненарушенной породы и основных несплошностей, а также классификация горных массивов по методам Q и GSI. На основании результатов таких изысканий были оценены геомеханические параметры различных типов горных массивов с использованием конкретных значений GSI и критерия разрушения Hoek-Brown.

4. На основании нового австрийского метода проходки тоннелей (NATM) установлено, что постоянное наблюдение и мониторинг являются неотъемлемыми частями процесса подземной проходки.

**Литература**

1. Earth At night. Averaged over 2021. Night lights in Google Maps. The Earth Observation Group
2. World Energy Perspective Cost of Energy Technologies (англ.). ISBN 978 0 94612 130 4 11. WORLD ENERGY COUNCIL, Bloomberg (2013). Дата обращения: 29 июля 2015. Архивировано из оригинала 1 мая 2015 года.
3. World Energy Perspective (англ.). Мировой энергетический совет (2013). Дата обращения: 20 октября 2019. Архивировано 20 октября 2019 года.
4. IEA. Tajikistan Energy Sector Review 2022. Available at: <https://www.iea.org/reports/tajikistan-2022>

5. NGI Handbook, 2015, "Using the Q-System, Rock Mass Classification and Support Design", pp. 32-35. // Руководство Норвежского горного института, 2015, «Использование системы Q, классификация горных массивов и проект крепи», стр. 32-35.

6. Marinos V., 2010, "New Proposed GSI Classification Charts for Weak or Complex Rock Masses", Bulletin of the Geological Society of Greece Vol. 43. // Новые предложенные диаграммы классификации GSI для слабых или сложных горных массивов, Бюллетень геологического общества Греции, том 43.

7. Hoek E., Carter, T.G., Diederichs, M.S., 2013, "Quantification of the Geological Strength Index Chart".//Хоек Э, Картер Т.Г., Дидерихс М.С., 2013, «Количественное представление диаграммы индекса геологической прочности».

8. Hoek E. et al., 2002, "Hoek-Brown Failure Criterion - 2002 Edition".// Критерий разрушения Хоек-Браун – издание 2002 года.

9. Hoek E., 2007 Edition, "Practical Rock Engineering", <http://www.rocscience.com/> / hoek /corner/Practical Rock Engineering.pdf. // Хоек Э, изд. 2007 г. «Практическое руководство по горному делу».

10. Bardon N., 2002, "Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design", Int. Jour. Roc. MePk & Min. Sci., 39, pp. 185-216. // Бартон Н., 2002, «Некоторые новые корреляции значения Q с целью поддержки при описании характеристик площадок и проектировании туннелей», Межд. журнал механики грунтов и горного дела, 39, стр. 185-216.

11. Ходжикентская ГЭС. АО «Гидропроект». Дата обращения: 2 февраля 2022. Архивировано 25 сентября 2021 года.

## **СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

### ***Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан***

**[1-А]. Хасанов М.Н.** Применение КИА для измерений гидравлических параметров в тоннеле СТ-4 Рогунской ГЭС / Н.М. Хасанов, М.Х. Саидов, М.Н. Хасанов // Кишоварз. ДАТ. Теоретический и научно-практический журнал №1.-С.115-121

**[2-А]. Хасанов М.Н.** Выбор конструктивной обделки и цементационные работы строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС / М.Х.Саидов, М.А.Сулаймонова, М.Н.Хасанов // Политехнический Вестник №1. ТТУ, 2024. -С.200-208.

**[3-А]. Хасанов М.Н.** Выбор крепи участка разветвления строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС / М.А. Сулаймонова, М.Н. Хасанов, А.М. Алимардонов, С.А.Саидов // Политехнический Вестник №1. ТТУ, 2024.-С.212-220.

**[4-А]. Хасанов М.Н.** Расположение геотехнических контрольно-измерительных приборов и системы мониторинга в СТ-4 Рогунской ГЭС /Н.М. Хасанов, Д.К. Давронов, М.Н. Хасанов // ТНУ, Серия геологических и технических наук 2024. №1. –.С.75-83

**[5-А]. Џасанов М.Н.** Таҳқиқоти конструксияҳои обгузаронандаги бурришаш мудаввар аз таъсири қувваҳои зилзилавӣ /М.Х.Саидов, М.С.Ситамов, М.Н.Хасанов // ТНУ, Серия геологических и технических наук 2024. №1. –.С.104-114

**[6-А]. Хасанов М.Н.** Геотехнической мониторинг контрольной измерительной аппаратурой для СТ-4 Рогунской ГЭС /Н.М. Хасанов, М.Х. Саидов, М.Н. Хасанов // Политехнический Вестник №4. ТТУ, 2023. -С.120-128

**[7-А]. Хасанов М.Н.** Зависимость минимальной глубины заложения напорных необлицованных тоннелей /М.Н. Хасанов, М.Х. Саидов //ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №3. –.С 28-33

**[8-А]. Хасанов М.Н.** Укрепительная цементация оснований плотин в гидротехнических сооружениях/А.Дж. Ятимов, Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, М.Н. Хасанов // Политехнический Вестник №1, ТТУ, 2023. -С.176-183

**[9-А]. Хасанов М.Н.** Анализ результатов исследований напряжений проявляющихся вокруг подземных выработок /А.Дж. Ятимов, Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, М.Н. Хасанов //ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №1. -С.151-158

**[10-А]. Хасанов М.Н.** Результаты натурных измерений статических анализов и их оценки при проходке гидротехнических сооружений /Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, А.М. Алимардонов, М.Н. Хасанов // Политехнический Вестник №4, ТТУ, 2022. -С.112-120.

**[11-А]. M.N. Hasanov.** Peculiarities of swelling eocene clays as the base of structures / M.M. Zakirov, I.A. Agzamova, M.N. Hasanov //Tashkent state tecnical university named after islam kartrmov. Tashent 2021. №1(07). С.161-168

#### **Статьи в материалах конференции:**

**[12-А]. Хасанов М.Н.** Зилзилатобарии конструксияҳои обгузарон ҳангоми таъсири зарбавии воситаҳои нақлиёт /М.А. Сулаймонова, М.Н. Хасанов, М.М. Зувайдов //МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», 6-7 октября 2023 года, г.Душанбе, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана. С.282-289

**[13-А]. Хасанов М.Н.** Инженерно - геологические условия и их влияние на напряженно-деформированное состояние подходного САСТ-5 Рогунской ГЭС /Ф.А. Холов, М.Н. Хасанов //МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», 6-7 октября 2023 года, г.Душанбе, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана. С.257-265

**[14-А]. Хасанов М.Н.** Влияние подземных вод на возникновения аварийных ситуаций в транспортных тоннелях /М.Н. Хасанов, М.А. Сулаймонова //Конференсияи чумхуриявии илмӣ-амалии устодон, донишҷӯён, магистрантҳо ва аспирантону унвонҷӯён таҳти унвони «Дурнамои тараққиёти истеҳсоли масолеҳҳои соҳтмонӣ дар чумхурии тоҷикистон », 31-уми марта соли 2023, ДТТ. Душанбе. –С.252-257

**[15-А]. Хасанов М.Н.** Воздействие наземного транспорта на тоннели мелкого заложения /Н.М. Хасанов, М.Н. Хасанов //МНПК на тему: «Куатбековские чтения-1: Уроки Независимости», посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан 23 апрель 2021 г. С.343-348

**[16-А]. Хасанов М.Н.** Строительство гидротехнических тоннелей Сангтудинской ГЭС-1/Н.М. Хасанов, М.Н. Хасанов //МНПК, «Прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» г. Белгород, 28 октября, Россия. 2020. -С.59-66.

**[17-А]. Хасанов М.Н.** Зависимость сейсмостойкости водопропускных сооружений от ударных нагрузок транспортных средств/Н.М. Хасанов, М.Н. Хасанов //МНПК, «Прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» г. Белгород, 28 октября, Россия. 2020. -С.53-59

**[18-А]. Хасанов М.Н.** Влияние сейсмических воздействий взрывов на устойчивость гидротехнических сооружений /Н.М. Хасанов, М.Н. Хасанов// V Международная (XI Всероссийская конференция) Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020. 25-26 ноября. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова». -С.230-237

**[19-А]. Хасанов М.Н.** Улучшение оснований плотин ГЭС с помощью цементации /Н.М. Хасанов, А.Дж. Ятимов, М.Н. Хасанов // МНПК, г. Белгород, Россия. 30 октября 2019. -С.95-98

**[20-А]. Хасанов М.Н.** Натурные наблюдения за осадками грунта плотины в период строительства / Ё.Х. Ядгаров, М.Н. Хасанов // РНПК. ТТУ. факультет. «Строительство и архитектуры». 2019. –С. 206-213.

**[21-А]. Хасанов М.Н.** Теоретические и экспериментальные исследования сейсмостойкости подземных пешеходных переходов/Н.М. Хасанов, И. Носиров, М.Н. Хасанов //МНПК, «Естествознание, техника, технологии: современные парадигмы и практические разработки» г. Белгород, 30 октября, Россия. 2019 г. С.91-94.

**[22-А]. Хасанов М.Н.** Применение цементации для улучшения оснований плотин ГЭС /А.Дж. Ятимов, М.Н. Хасанов // РНПК. ТТУ. Факультет. «Строительство и архитектуры». 2019. – С. 223-228.

**Патент:**

**[23-А].** Хасанов М.Н. Конструкция водопропускного сооружения[Текст]:Патент №TJ1417 Республики Таджикистан: опубл.2508.2023г.

**Учебное пособие:**

**[24-А].** Хасанов М.Н. Асосҳои кӯҳкорӣ [Матн]:китоби дарсӣ /Н.М.Хасанов, А.М.Алимардонов, Б.У.Боев, М.Н.Хасанов.- Душанбе: бо қарори мушовараи Вазорати маориф ва илми ҶТ №18/5 аз 29 декабря соли 2023 тасдиқ шудааст.-219 с.

**[25-А].** Хасанов М.Н. Геологияи муҳандисӣ [Матн]: дастури таълимӣ / А.М.Алимардонов, М.Н.Хасанов.- Душанбе: дар Шӯрои методии ДТТ протоколи №2 аз 05 января 2022с. тасдиқ шудааст.-75 с.

**[26-А].**Хасанов М.Н. Соҳтмони иншоотҳои зеризаминиӣ дар шароити мураккаби қӯҳӣ-геологӣ [Матн]: дастури таълимӣ / Н.М.Хасанов, А.О.Якубов, М.Н.Хасанов. дар Шӯрои методии ДТТ протоколи №3 аз 02 апреля 2020с. тасдиқ шудааст.-220 с.

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ  
ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН**

**ИНСТИТУТИ МАСЪАЛАҲОИ ОБ,  
ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ**

*Бо ҳуқуқи дастнавис*

УДК 627.842.7:551.432 + 624.042.7 (282.255.123.11)



**НУРАЛИЗОДА МУҲИЙДДИН НУРАЛӢ**

**ТАЪСИРИ ОМИЛҲОИ ГЕОЛОГӢ - МУҲАНДИСӢ БА ҲОЛАТИ  
ШИДДАТНОКӢ-ШАКЛДИГАРКУНИИ НАҚБИ ГИДРОТЕХНИКӢ  
НС-4 НБО-и РОҒУН**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии  
номзади илмҳои техникӣ аз руи ихтисоси

2.1. Геология, геодезия, гидрология, соҳтмон, меъморӣ  
(2.1.8. Соҳтмони гидротехники)

Душанбе 2026

Рисола дар озмоишгоҳи «Иншооти гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро шудааст.

**Роҳбари илмӣ:** номзади илмҳои техникӣ, дотсент  
**Сулаймонова Мутабар Абдулхаевна**

**Муқарризони расмӣ:** **Валиев Шариф Файзуллоевич** - доктори илмҳои геология-минералогӣ, профессор, сардори илмии лабораторияи баҳодиҳии хатари сейсмикии ИГС ба ЗТ ва САМИТ

**Бобохонов Фирдавс Шамсиддинович,** номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсенти кафедраи соҳтмон ва меъморӣ- и Донишкадаи давлатии Данғара

**Муассисаи пешбар:** Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон

Ҳимояи рисолаи номзадӣ санаи 09 апрели соли 2026 соати 10-00 дар ҷаласаи Шурои диссертационии 6D.KOA-059 Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар суроғаи 734025, ш.Душанбе, кӯч. Боғанд, 5/2 баргузор мегардад.

Бо рисола дар китобхонаи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ва дар сомонаи [www.imoge.tj](http://www.imoge.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «\_\_\_\_\_» соли 2026 тавзъе шудааст.

Котиби илмии  
Шурои диссертационии  
6D.KOA-059



Шаймурадов Ф.И.

## МУҚАДИМА

**Муҳимияти мавзуи диссертасия.** Имрӯз дар Ҷумхурии Тоҷикистон идомадиҳандай соҳтмон яке аз лоиҳаи асосӣ ва беҳамто дар соҳаи иншоотҳои гидротехникии НБО-и Роғун мебошад. Таъминоти аҳолии ҷумҳурӣ бо қувваи барқ муҳим будани соҳтани зерисгоҳи барқии оби ва самти асосӣ, мусоидат кардан ба иқтисодиёт ва пешрафти иҷтимоӣ дар ҷумҳурӣ.

Барои ноил шудан ба ин мақсадҳо дар мамлакат ҳаҷми соҳтмони иншооти гидротехникии дар дареи Ваҳш соҳташуда, ки дорои иқтидори зиёд мебошанд, афзуд. Дар ин самт бунёди НБО-Роғун на танҳо як соҳаи муҳим, балки яке аз лоиҳаҳои асосӣ ва серталаб дар ҷумҳурӣ мебошад.

Соҳтмони иншоотҳои гидротехникии НБО-Роғун қисми асосӣ ва муҳим буда ба рушди иқтисодӣ ва иҷтимоии ҷумҳурӣ мусоидат мекунанд.

Дар Ҷумхурии Тоҷикистон соҳтмони зеристгоҳи барқи оби тавоноияш қалон ва соҳтани обанбори қалонтарин дар шароити ҷумҳурӣ боиси баланд шудани баландии дарғот, андоzaҳои буриш ва фишори бузурги нақбҳои гидротехникӣ ва обгузаронҳои зеризамини, дар натиҷаи зиёдшавӣ борҳое, ки ба таҳкурсӣ ё деворҳои иншоот дода мешавад. Дар ин самт шароитҳои геологияе, ки дар аксар мавридҳо хеле мураккаб буда, таҳқиқоти дурӯст муайян кардани ҳосиятҳои физикию механикии ҷинсҳои кӯҳии саҳра ва омухтани рафтори онҳоро дар зери бори бо ба назар гирифтани таъсири об талаб мекунад, нақши қалонро мебозад. Ҳангоми дар шароити қуҳсор соҳтани иншоотҳои гидротехникӣ аксар вақт тадбирҳои муҳандисиро оид ба мустаҳкам намудан ва устувории атрофи ҷинсҳои кӯҳии саҳраро кор карда баромадан лозим мебошад.

Бо дарназардошти қайдҳои боло амалисозии комплекси таҳқиқотҳо бо истиифодабарии усулҳои муосири амсиласозии технологияҳои компьютериро, ки ҳаритасозии геологиии технологияи такмилёфтai нақбро дорост, инчунин таҳқиқи шароитҳои қуҳӣ-геологии соҳтмони нақби гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун имконият медиҳад, таъсири онҳоро ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни объекти соҳташаванда омӯхта шавад ва имконияти интиҳоби масири объекти соҳташаванда, мақоми ҷойгиршавии он ва усули соҳтмони он ба даст оварда шавад. Аҳамияти проблемаи актуалии баррасишаванда ҳамин аст.

Мубрамии кори диссертационӣ аз татбиқи натиҷаҳои таҳқиқоти бо методҳо ва усулҳои муосир гузаронидашуда бо истифода аз технологияҳои муосир оид синфҳои тавсияшудаи рӯйпушкунӣ дар минтақаи гузариш нақби гидротехникии таҳқиқшаванда, истифодаи

усулҳои моделсозии технологияҳои компютерӣ, ба даст овардани натиҷаҳои хуб иборат аст.

**Дараҷаи омӯзиши мавзӯи таҳқиқот.** Дар раванди кор аз болои концепсияи соҳтмони НБО-и Роғун тамоми сарчашмаҳои мавҷудбудаи кушод таҳлил карда шуданд, ки дар бойгонии ОАО “Институти Гидропроект”, ОАО “НБО-и Роғун”, ТССГЭО маҳвуз буданд. Дар соли 2009 барои дастрас намудани иттилооти иловагӣ аз рӯи барномаҳо ва тавсияҳои дар Гидропроект коркардшуда, таҳқиқотҳои иловагӣ гузаронида шуданд. Қайд бояд намуд, ки ба масъалаи соҳтмони нақбҳои гидротехникӣ дар шароитҳои мурракаби кӯҳӣ-геологӣ олимони зерин саҳм гузоштаанд; Экклестона Д., Мехинрада А., Гешмепура А., Солеймани М., Аскари М., Регли М., Гадоев Олим., Кабилов Ш., Мухаммадризо Зангане, Холов Ф.А. ва дигарҳо.

**Алоқамандии мавзӯи кори диссертатсионӣ бо барномаҳои илмӣ.** Асоси таҳқиқоти кори диссертатсионӣ алоқамандӣ дорад бо самтҳои илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи милии илмҳои Тоҷикистон марбут аст; «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм ва технология барои солҳои 2016-2022»; (фасли Соҳтмон ва индустриси соҳтмонӣ); Таъминсозии барномавӣ , UNWEDGE ver. 3.0, аз тарафи ширкати RocScience Co. (Торонто, Канада) коркардшуда, ки бо усули мувозинатии ҳудудӣ кор мекунад; Барнома барои ҳисобкуни усули элементҳои охирин RS2, вер. 9.0, аз тарафи ширкати RocScience Co пешниҳод шудааст.

### **Тавсифи умумии кор**

Таҳқиқотҳои ботафсил барои лоиҳакашии нақби гидротехникии НС-4 дар гузаронидани таҳқиқотҳои таъсири омилҳои муҳандисӣ-геологӣ ҳангоми корҳои нақбканӣ дар шароитҳои гуногуни литологӣ. Гузаронидани таҳлили бузургиҳои геотехникӣ, баҳодиҳии нишондиҳандаҳои геомеханикӣ, бузургиҳои мустаҳкамӣ ба лағжиш барои ҷинсҳои номустаҳкам, интиҳоби устуворкуни ҷинсҳои кӯҳӣ бо истифода аз усулҳои эмпирикӣ, лоиҳаи бости ҷинси қӯҳӣ барои фонаҳои ноустувор, инчунин бастан бо истифодабарии амсиласозии К-Э ва тавсияҳои муваққатӣ маҳкамкунии нақби соҳтмонии НС-4 дар соҳили рости НБО-и Роғун. Натиҷаҳои таҳқиқотҳои нишондиҳандаҳои ҷинсҳои вайроннашуда имконият фароҳам меоранд, ки системаи қасбии муҳандисии массиви ҷинсиро барои муайянкунии системаи маҳкамкунӣ муваққатӣ истифода барем. Ин натиҷаҳо барои гузаронидани корҳои ҷоҳқанини нақби гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун барои ҷинсҳои гуногун истифода бурда мешавад. Баъди ин ҳисоби амсиласозии раванди корҳои коркарди замин дар ҳамҷоягӣ бо лоиҳакашии системаҳои маҳкамкунӣ муваққатӣ бо истифодаи амсиласозии рақамӣ, интизории механизми вайроншавӣ, ки ҳангоми корҳои заминканӣ ба вучуд меоянд.

Бо мақсади иҷроиши таҳлили рақамии массиви ҷинси кӯҳӣ дар атрофи нақби гидротехникии НС-4 ҳамчун материали устувори пластикӣ

амсиласозӣ гузаронида шуд, ки дар речай пластикӣ нишондиҳандаҳои мустаҳкамӣ кам мешаванд. Инчунин дар усули лоиҳаи амсиласозии рақамӣ равандҳои қандани хок ва ҷинси аввала, ҳамчунин шароити интизори маҳкамқунии иловагӣ бо мақсади бадастоварии ҳалли масъалаҳои иқтисодӣ, бехатарӣ ва устуворӣ санҷида шуд.

**Мақсади кори диссерватсионӣ мебошад** – таҳқиқи таъсири омилҳои геологӣ -муҳандисӣ (фарқиятҳои литологӣ, нишондиҳандаҳои геомеханикӣ ва геотехникӣ), ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни нақби гидротехникии НС-4 ва коркарди тавсияҳо синфи мустаҳкамқунӣ оид ба интихоби синфи мустаҳкамии ҷинсҳо, ки устувории иншоотро таъмин мекунад.

Барои ноил шудани мақсади гузошташуда бояд масъалаҳои зерин ҳаллу фасл карда шаванд;

1. Бо усулҳои назариявии мавҷудбуда, таҳқиқи таъсири шароитҳои муҳандисӣ-геологӣ ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни нақби гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун.

2. Муайянкуни хосиятҳои физикий-механикӣ ҷинсҳои қуҳии якҷошудаи лоиҳакуни нақби гидротехникии НС-4.

3. Амсиласозии равандҳои шиддатнокӣ-шаклдигаркуни ҷинсҳои қуҳии нақби гидротехникӣ ҳангоми коркарди гузаргоҳ ва созмони бастаи муваққатӣ.

4. Муайянкуни ҷинсҳои қуҳии якҷошудаи чандирӣ ва мустаҳкамии ҷинсҳо дар минтақаи камфишурдашуда, инчунин ҷинсҳои қуҳии ҳамҷояшуда дар лоиҳакуни нақби гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун ва таҳияи тавсияҳо барои интихоби намуди мустаҳкамқунӣ сангин.

5. Ташкили системаи мониторинг, ҳисобкуни миқдори нишондодҳои назоратӣ ва намудҳои асбобҳои назоратӣ-ченқунӣ (АНЧ) нақби гидротехникии НС-4.

**Объекти** таҳқиқоти диссерватсионӣ нақби бетамбагии гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун мебошад.

**Мавзӯи таҳқиқоти** таъсири шароитҳои геологӣ – муҳандисӣ ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни нақби гидротехникӣ бетамбагӣ ва пешгирии пайдошавии имконпазири деформатсияҳо ҳангоми таъсири қувваҳои зилзилавӣ маҳсуб меёбад.

**Фарзияи таҳқиқотӣ** ин аст, ки қувваҳои ҷозибавӣ, тектоникӣ ва сейсмикӣ дар якҷоягӣ ҳолати шиддатнокӣ - шаклдигаркуни маҳкамқунӣ нақби гидротехникии НС-4В – и НБО-и Роғунро ба таври назаррас тафйир медиҳад ва боиси концентратсияи маҳаллӣ шиддат ва шаклдигаркуни мешавад, ки устувории онро коҳиш медиҳад ва тақвияти конструктивиро талаб мекунад.

**Таҳқиқоти гузаронида** шуд дар давраи аз соли 2022 то 2026 дар объекти иншооти НБО-и Роғун, маҳсус дар нақби гидротехникии НС-4В бо мақсади таҳлили ҳолати шиддатнокӣ – шаклдигаркуни маҳкамқунӣ ва шароити таъсири омилҳои ҷозибавӣ, тектоникӣ ва сейсмикӣ.

**Асоси назариявии таҳқиқот** омӯзиши шароитҳои НБО-и Роғун бо мақсади таҳқиқи таъсири онҳо ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни нақби гидротехникии бетамбагии НС-4 ба ҳисоб меравад.

**Навғонихои илмии таҳқиқот** аз инҳо иборатанд:

-муайян намудани сабабҳои геологияе, ки ба вайроншавӣ ва устуворкунӣ чинсҳои кӯҳии нақби гидротехникии НС-4-и НБО-и Роғун таъсир мерасонад. Муайян намудани самти фишори асосии минималӣ ва максималӣ дар асоси таҳқиқоти маҳсусе, ки дар коркардҳои калони буруши кӯндалангии зеризамини гузаронида мешавад;

-амсиласозии рақамии ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни нақби гидротехникӣ ва таҳияи тавсияҳо барои интихоби синфҳои мустаҳкамӣ чисҳо бо истифодаи ғафсии 10см торкетбетон;

- дар таҳияи тавсияҳо оид ба интихоби синфи мустаҳкамӣ чинсҳо барои қисмҳои гуногуни литологии нақби гидротехникии НС-4 бо дар назардошти геометрии амалии нақб ва шароитҳои геологӣ;

- ташкили системаи мониторинг, муайянкуни миқдори нишонҳои назоратӣ, намудҳои асбобҳои ҷенкунӣ ва барномаи муоинаи нақби гидротехникии НС-4.

**Нуқтаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшавандай диссертатсия:**

1. Ошкоркуни омилҳои геологӣ - муҳандисӣ таъсиркунандай ба тавсифҳои мустаҳкамии ҷандирӣ ва мустаҳкамӣ масиви якҷояи чинсҳои кӯҳии нақби гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун. Муайянкуни самти асосии минималӣ ва максималии шиддатнокӣ ба асоси гузаронидани таҳқиқотҳои маҳсус дар корҳои зеризамини калон.

2. Амсиласозии рақамии ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни нақби гидротехникии НС-4 НБО-и Роғун ва коркарди тавсияҳо барои интихоби намуди конструксияи борбардор бо дарназардошти зилзилатобварии иншоот.

3. Коркарди тавсияҳо барои интихоби намуди маҳкамӯни сангин бо дарназардошти геометрияи амалии нақб ва элементҳои асосии он.

**Аҳамияти назариявии кори диссертатсия** ба ҳалли масъалаҳои вобаста ҳаритасозии геологӣ - муҳандисӣ нақбҳое, ки дар наздикии нақби НС-4 ҷойгир шудаанд; интихоби усули гузаронидани корҳои бетонӣ; интихоби амсила барои ҳисоби бастаи нақб; асосноккуни ҳисоби маҳкамӯни нақби НС-4; мониторинги геотехникии нақби гидротехникии НС-4 аз инҳо иборат мебошад.

**Аҳамияти амалии кор** аз инҳо иборат аст:

- интихоби конструксияи ҳимоякунандай нақб аз вайроншавӣ баъди заминчунбӣ ва имконияти муҳофизати онҳо ҳангоми истифодабарӣ бо ҳарчи минималӣ ва вақт барои таъмир;

- истифодабарӣ дар раванди таълим дар муассисаҳои таҳсилоти олий ва донишгоҳҳо ҳангоми хондани маърузаҳо ва бурдани корҳои амалий,

инчунин ҳангоми гузаронидани корҳои озмоиши ҷаҳонӣ ва саҳроӣ барои донишҷӯён аз фанҳои „Соҳтмони зеризамини Ҷаҳонӣ ва шахтаҳо”, „Асосҳои корҳои кӯҳӣ”, „Технологияи усулҳои таркишибурӣ”, „Механикаи ҷинсҳои кӯҳӣ ва фишори кӯҳӣ”, „Усулҳои маҳсуси соҳтмони иншоотҳои зеризамини Ҷаҳонӣ” дар ДТТ ба номи академик М.С Осимӣ барои донишҷӯёни ихтиносҳои «Соҳтмони зеризамини Ҷаҳонӣ ва шахтаҳо» ва «Соҳтмон ва истифодабарии неругоҳҳои обио барқӣ» ва ғайраҳо.

**Дарачаи эътиимонкӣ** саҳеҳии натиҷаҳои кори диссертатсионӣ усули ҳисобкунии амсаласозии аз тарафи муаллиф пешниҳоднамуда бо натиҷаҳои таҷрибаҳои гузаронидашуда ва маълумотҳои олимони дигар, инчунин таҳқиқотҳои табиӣ ва назариявӣ, усулҳои муосири параметрҳои физикий-механикӣ ҷинсҳои кӯҳӣ, истифодаи таҷхизотҳо ва асбобҳои муосир барои озмоиши коркарди нақби гидротехникӣ бетамбагии НБО-и Роғун тасдиқи худро ёфтаанд.

**Мутобиқатӣ ба шиносномаи ихтинос.** Диссертатсия ба бандҳои 3,11 низомнома ва шиносномаи ихтиносии илмии 2.1. Геология, геодезия, гидрология, соҳтмон, меъморӣ (2.1.8. Соҳтмони гидротехникӣ) мутобиқат мекунад.

3. Ташкилӣ самтҳои нави ояндабинии ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркуни иншооти гидротехникии тамбагӣ ва бетамбагӣ; такмили усулҳои муайянкуни намудҳои гуногуни қувваҳо ба иншоот, гидрогирехи обӣ, бино ва бинои мошинҳои НБО-и барқӣ; асосноккуни роҳҳои эътиимонкӣ ва мустаҳкамии конструксияи иншооти обӣ-нақлиётӣ;

11. Эътиимонкӣ истифодабарӣ иншооти гидротехникӣ, ташкили критерияҳои нави бехатарӣ, системаҳои нави назоратӣ ва мушоҳидавӣ аз болои иншоотҳо, такмили усулҳои диагностикаи техникӣ ва мониторинги системаи обӣ ва объектоҳо.

Номгӯи мавзӯи диссертатсия ба шиносномаи ихтиносии 2.1. Геология, геодезия, гидрология, соҳтмон, меъморӣ (2.1.8. Соҳтмони гидротехникӣ) мувофиқат мекунад.

**Саҳми шаҳсии муаллиф.** Муаллиф мақсад ва масъалаҳои таҳқиқотиро аниқ ифода намуд, роҳҳои ҳалли назариявӣ ва таҷрибавии онҳоро муқаррар кард. Муаллиф нишондодҳои геометрии ҳолати шиддатнок-шаклдигаркуни масиви кӯҳӣ ва конструксияи нақбро аниқ намуд, нишондиҳандаҳои асосии гузаргоҳи бетамбагии нақби гидротехнико мӯайян намуд, инчунин хулосаҳои асосиро баровард.

**Тасдиқи натиҷаҳои диссертатсия.** Нуқтаҳои асосии кор ва натиҷаҳои ба даст овардашуда дар маводи конференсияҳои зерин баррасӣ гардиданд: КЧИА. «Развитие гидроэнергетики - развитие Таджикистана» Институти энергетикии Тоҷикистон (с 2018, н. Кушониён,); КБИА: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 солагии рушд ва такмил. ДТТ ба номи ак.М.С.Осимӣ

(ш. Душанбе, 2019 с); КБИА, «Естествознание, техника, технологии: современные парадигмы и практические разработки» ш. Белгород, (Россия. 2019 с); КБИА, «Прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» ш. Белгород, (Россия, 2020с); V Байналмиллалй (XI Конференсияи умумироссиягй) Сохтмон ва хонасозй: сикли ҳаётй - 2020, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», (Россия, 2020 с); МНПК дар мавзӯи : «Куатбековские чтения-1: Уроки Независимости», бахшида ба 30 солагии мустақилияти Чумхурии Қазокистон; ш. Чимкент (Казахстан, 2021 с); МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», 6-7 октября соли 2023 г, ш. Душанбе, Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика и экологияи АМИ Тоҷикистон.

### **Интишорот.**

Натиҷаҳои асоси таҳқиқот аз рӯи мавзӯи диссертатсия дар 22 кор, аз ҷумла 11 мақола дар маҷаллаҳои пешрави тақризшавандай феҳристи тавсиянамудаи КОА - и назди Президенти Ҷумхурии Тоҷикистон чоп шудааст.

Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот 1 патенти хурди Ҷумхурии Тоҷикистон таҳти рақами № TJ 1417 аз 22 ноябри соли 2022 гирифта шудааст.

Ихтироот ба соҳаи соҳтмони зеризамини таалук дошта, ба бунёди иншооти зеризамини таъиноташ гуногун пешбини гардида, асосан соҳтмони иншооти обгузар ва гузаргоҳои зеризамино беҳтар менамояд.

Иншоот дорои таҳкурсӣ, деворҳои канорӣ бо аркҳои пӯшонидашуда ва хоҳҳои рехта шуда иборат буда, дар он масолеҳҳои соҳтмони роҳи гузошта шудааст. Деворҳои канори бо аркҳои пӯшонидашудаи васлӣ ё яклухт вобаста ба дараҷаи қӯҳсор бунёд гардидаанд. Дар қисмҳои пайвастшудаи деворҳои канорӣ ва аркҳо ҷузъҳои фторопласт гузошта шудаанд. Барои пешгирии ҳаракат ҳангоми таъсири сейсмикий дар таҳкурсӣ дандони уфуқӣ соҳта шудааст, ки ба хоки асос такя мекунад.

**Соҳтор ва ҳачми диссертатсия.** Диссертатсия аз муқаддима, ҷорӣ, феҳристи адабиёт ва хулосаҳо иборат аст. Ҳачми умумии кор 137 саҳифа, 105 расм, 20 ҷадвал, замимаҳо, феҳристи адабиёти истифодашуда бо 123 номгӯйро дар бар мегирад.

### **МАЗМУНИ АСОСИИ ТАҲҚИҚОТ**

**Дар муқаддима** муҳимијати мавзӯи таҳқиқот, мақсад ва вазифаҳои таҳқиқот асоснок карда шудаанд, навғониҳои илмӣ, назариявӣ аҳамияти амалий ва муҳтавои асосии кори диссертационӣ ифода ёфтаанд, амалишавии натиҷаҳои таҳқиқот нишон дода шудаанд. Саҳми шаҳсии муаллиф инъикос ёфтанд, саҳеҳии натиҷаҳои таҳқиқот асоснок карда оиди соҳтор ва ҳачми диссертатсия, интишорот, апробатсияи кор маълумот пешниҳод шудаанд.

## Боби1. ТАЧРИБАИ СОХТМОНИ ИНШООТХОИ ГИДРОТЕХНИКЙ ХОРИЧЙ ВА ВАТАНЙ

Боби якум ба тачрибай сохтмони иншоотхой гидротехникий хоричй ватанй, инчунин аз назаргузароний тачрибай тараққиёти гидроэнергетикий чаҳон, рӯумхуриҳои Осиёи Миёна ва Федератсияи Руссия бахшида шудааст.

Беназирии НБО дар он дида мешавад, ки вай зерсистемаи системаи нақлиётӣ давлат ба шумор меравад. Ба ин хотир, истеҳсоли барқ дар НБО ҳамгиро истеҳсоли барқ ба воситай марказҳои гармидаҳӣ мебошад.



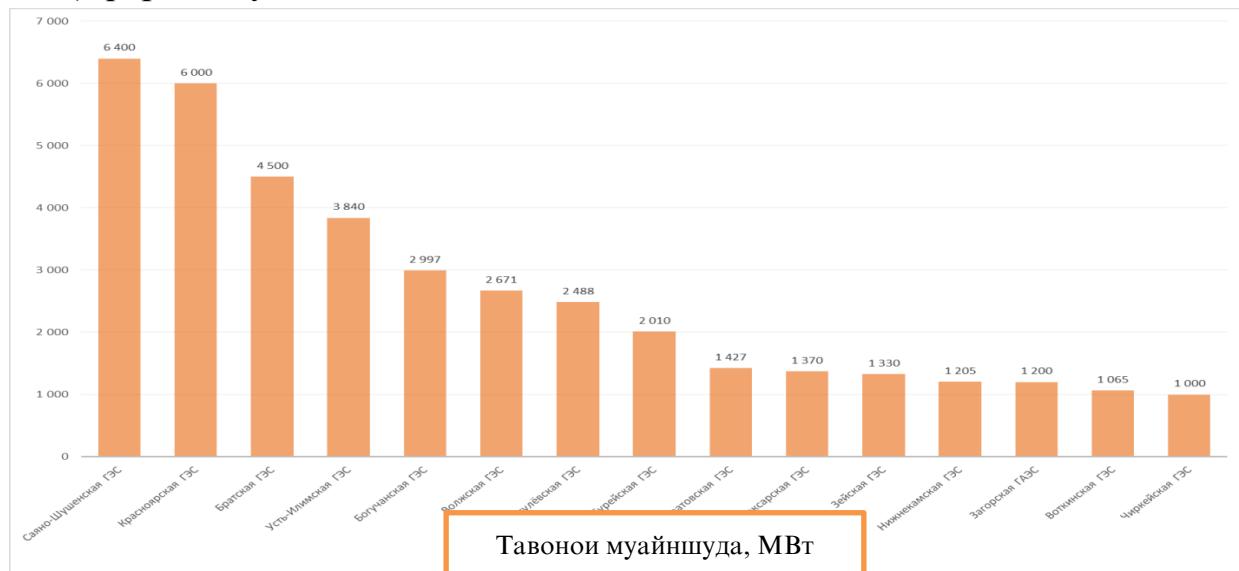
Расми 1. Тараққиёти гидроэнергетика дар чаҳон



Расми 2. Сохтори тавони гузаштани зеригоҳҳи барқӣ бо намудҳо барои соли 1992, миллион кВт (%)

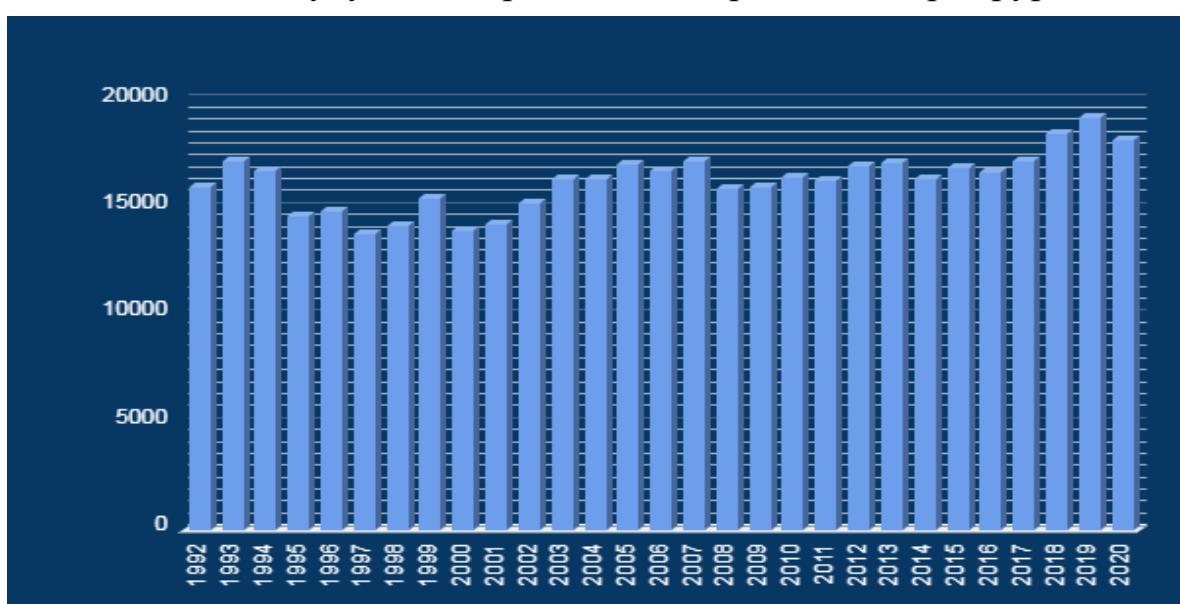
Расми 3. Сохтори тавони гузаштани зеригоҳҳи барқӣ бо намудҳо барои соли 2021, миллион кВт (%)

Энергетикаи обӣ қисми асосии истеҳсоли барқи Федератсияи Руссия ба шумор меравад. Тавоноии умумии НБО-и Федератсияи Руссия аз 52 ГВт боло аст, ки қариб 20 %- и тавоноии умумиро ташкил мекунад. Аз панҷ қалонтарин НБО-и Россия ҳамаи намудаш – се НБО; Саяно-Шушен бо баландии дарғоти 242 м (6,4 ГВт), НБО-и Красноярск бо баландии дарғоти 128 м (6 ГВт), ва шахри Братск бо баландии дарғоти 125 м (4,5 ГВт) фарқ мекунад.



Расми 4. Қалонтарин НБО Федератсияи Руссия

Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҷаҳон аз рӯи захираи энергетикаи обӣ бо иқтидори истеҳсоли барқ то 527 млрд кВт-с дар як сол дар ҷойи 8 мавқеъ дорад. Қобили зикр аст, ки ба гуфтаи коршиносон, барои нигоҳ доштани иқтидори мавҷудаи нерӯгоҳҳои барқи обӣ дар Тоҷикистон то соли 2030 таҷдиди ҳудуди 80 дарсади иқтидорҳои кишвар зарур аст.



Расми 5. Истеҳсоли нерӯи барқ дар нерӯгоҳҳои барқи обӣ, солҳои 1992-2020, миллиард кВт/соат

## Боби 2. ОМҮЗИШИ ШАРОЙТХОИ ГЕОЛОГИИ МИНТАҚА ВА ҶОЙИ СОХТМОНИ ОБЪЕКТИ ЛОИХАШАВАНДА

**Дар боби 2 масъалаҳои шароити геология- муҳандисӣ нақби гидротехникии НС-4 НБО – и Роғун шарҳ дода шудааст.**

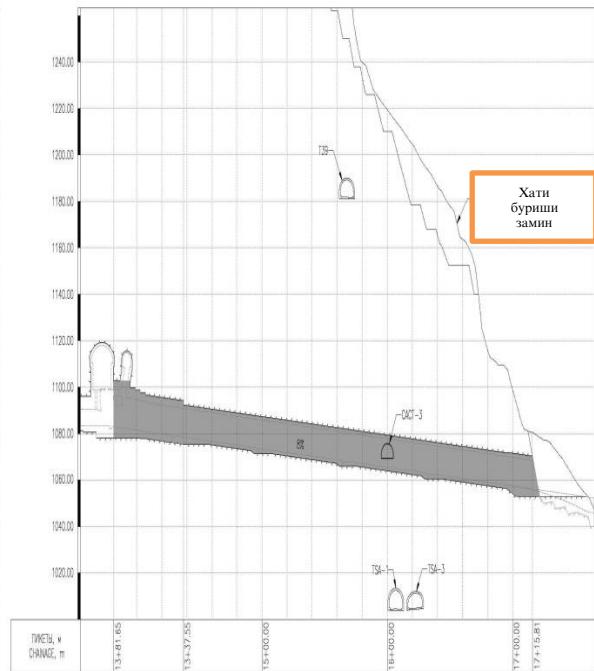
Нақбҳои бетамбагии НС- 4 камераҳои дарвозаҳои поёнӣ ҷойгир шудаанд ва аз ПК. 13+81,65 м оғоз шуда, дар ПК 17+15.81 м ба итмом мерасад. Расмҳои 6 ва 7 нақшай умумӣ ва профили тирии НС 4 -ро нишон медиҳанд. Як қатор буришҳои намунавии нақбҳо дар расмҳои 8 ва 9 оварда шудаанд.

Тахлилхой ба даст омада барои чинсҳои кухӣ ва ҳолати баҳодиҳии чинсҳои массиви хокро мӯро бо истифода аз усули муосири системаи таснифот ( $Q_{2015}$ ) барои ошкоркуни системаи аввалии хонди литологӣ амалӣ намудем.

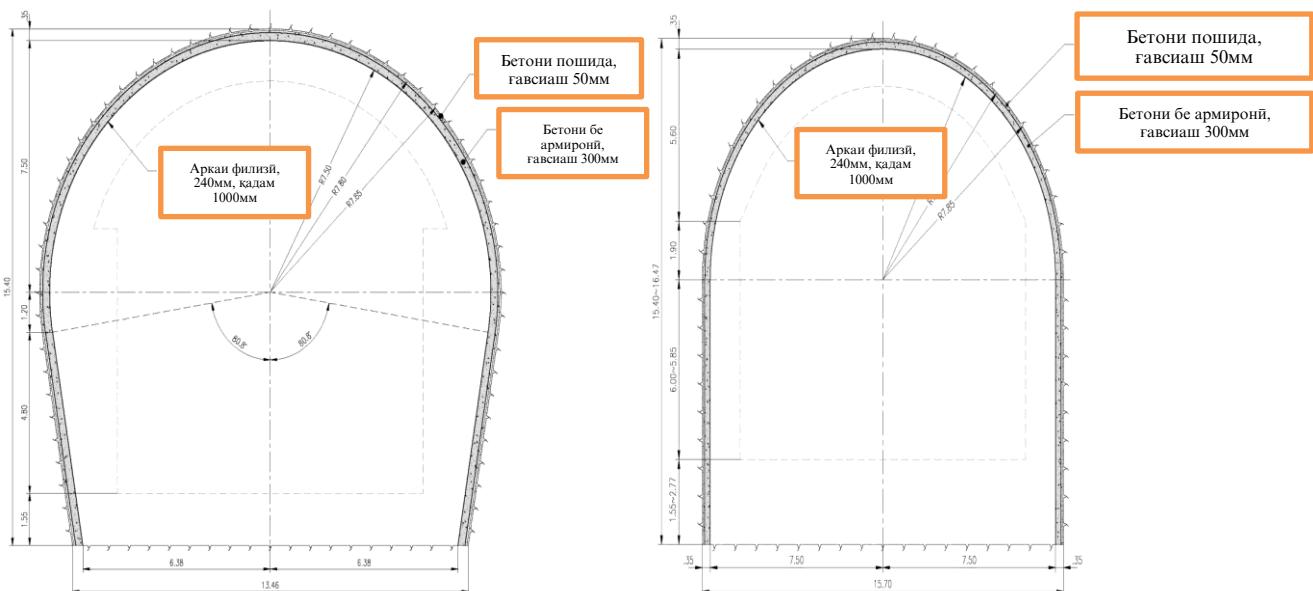
Инчунин, барои баҳодиҳии нишондодҳои массиви маҳсус тафсири ҷобаҷо кардашудаи коррелятсияшудаи таснифоти GSI, ки аз тарафи В. Мариносов дар соли 2010 пешниҳод шуда буд, бо дарназардошти санчиши усули миқдории (Хоек ва дигаро, 2013) истифода шуд. Баъд бо истифода аз усули анализикӣ (таҳлили фонагӣ) ва усули математикий таҳлили элементҳои ниҳоӣ, барои системаи устуворқунии аввалии чинсҳо ба воситаи усули таҷрибавӣ санҷида шуд ва барои дар қутъаҳои гуногуни НС-4 қарор қабул карда шуд.



## **Расми 6. Намуд ва нақшай нақби бетамбагий НС-4**



## **Расми 7. Буриши тулонī қад-қадиң нақби бетамбагии НС-4**

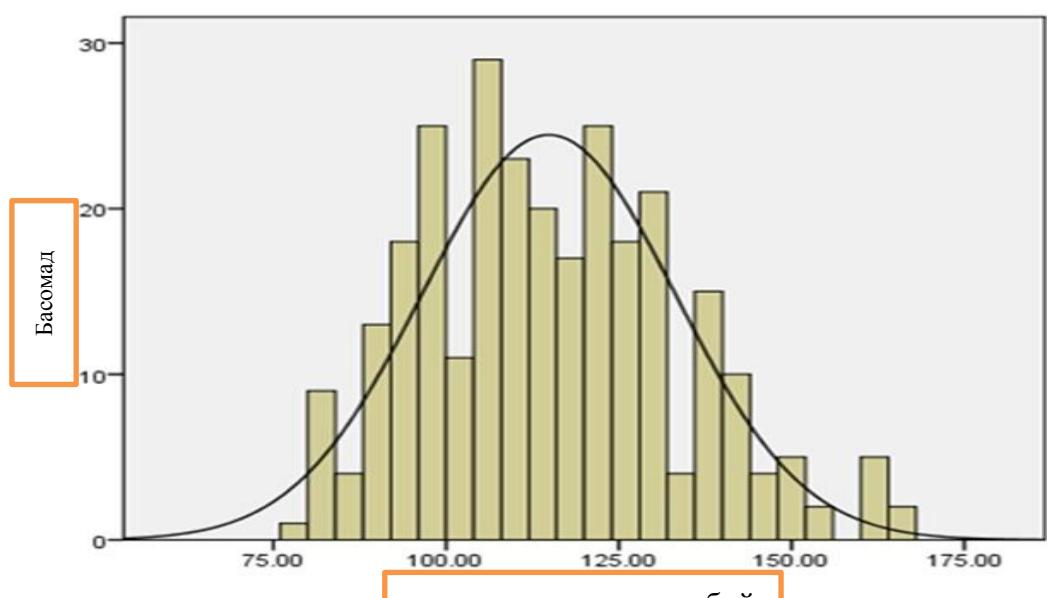


**Расми 8.** Буриши наълшакли нақби бетамбагии НС-4

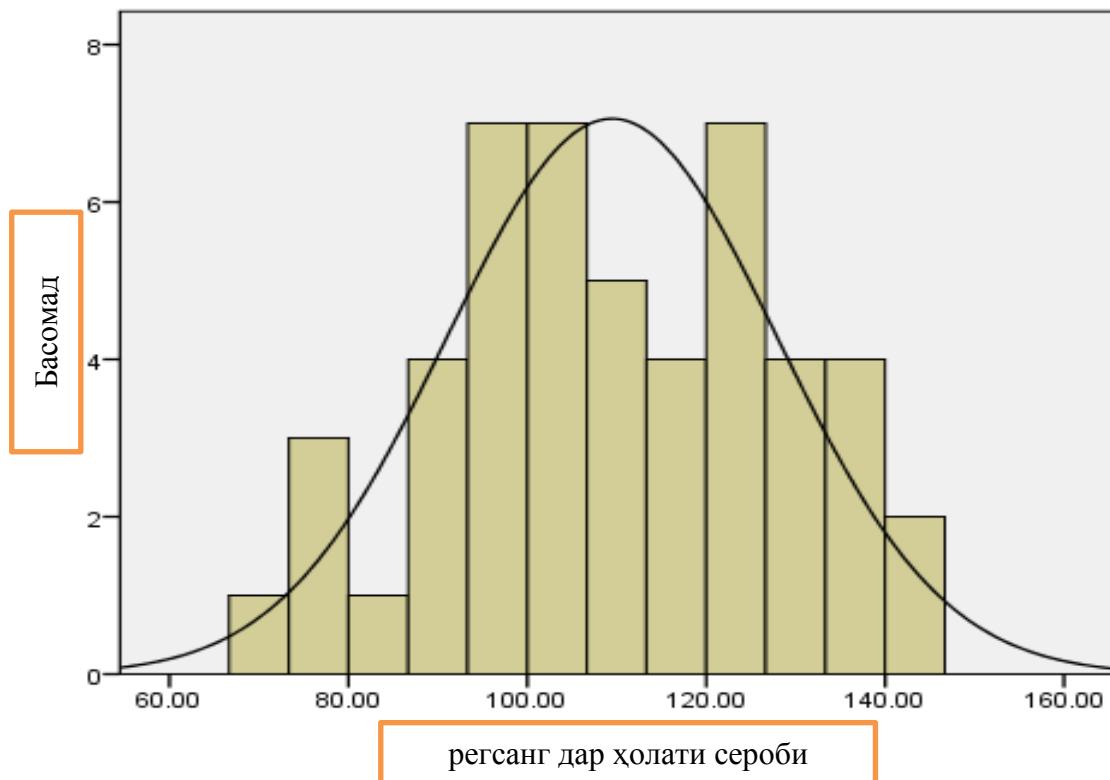
**Расми 9.** Нақби бетамбагии НС-4, D-шакл, ки чойгиршавии аэраторхो истифода мешаванд

Дар ин қисмати боб натицаҳои таҳқиқотҳои геотехникӣ, бо дарназардошти ҳамроҳкунии чинсҳои вайроннашуда ва платформаҳои асосӣ, инчунин таснифоти массиви кухӣ бо усули Q и GSI пешниҳод шуд. Дар асоси натицаҳои чунин ҷустуҷуйҳо нишондиҳандаҳои геомеханикӣ намудҳои гуногуни массиви чинсҳо бо истифода аз қимати амалии GSI ва қритерияи Hoek-Brown баҳогузорӣ шуданд. Барои ба дастоварии баҳои реалӣ модули деформатсияи массиви чинси кухӣ ду формулаи эмпирикӣ истифода шуд; яке аз онҳо дар асоси қиматҳои GSI, чи тавре Хоек пешниҳод намудааст ва дигараш – дар асоси қиммати Q, ки Бартон пешниҳод намудааст.

Дар расми 10 гистограммаи қиматҳои эквивалентии UCS барои се форматсияи геологии массиви қумӣ дар ҳолати табииӣ ва пуркардашуда нишон дода шудааст.



a)



в)

**Расми 10.** Гистограммаҳои арзишҳои эквивалентии регсангҳои UCS дар формасияҳои K1ob2, K1kr ва K1mg1 ва қаҷи тақсимоти муқаррарӣ: а) регсанг дар ҳолати табий, в) регсанг дар ҳолати сероби

### Боби 3. ҲОЛАТИ ШИДДАТНОКӢ-ШАКЛДИГАРКУНӢ ВА МОНИТОРИНГИ ГЕОТЕХНИКИИ СТ-4 НБО – и РОҒУН

Боби сеюм ба ҳолат ва мониторинги нақби гидротехникии НС-4 НБО – и Роғун бахшида шудааст. Нақби соҳтмонии НС -4 бо дарозии 1760 м тӯл мекашад. Нишонаи нова ба маҳори даромад 1090,00 м, дар майдони баромад таҳминан 1055,00м аст. Қобилияти гузарониши нақби соҳтмонӣ ҳангоми тамбаи максималӣ 3500м<sup>3</sup>\сон мебошад. Дар буриши даврагии қурби 15,0м бо дарозии то қитъаи чудошавии нақб, аз қисмати тамбаи нақб ПК12+37,30 оғоз шуда, дар нуқтаи Т – 20 анҷом меёбад. Қайд бояд намуд, ки қисми бетамбагии нақб аз ду шоҳаи буриши наълмонанд иборат аст, баъди камераи дарвоза оғоз шуда, ҳангоми баландшавӣ ба нуқтаи беефи боло (ББ) барои ба кордарории ТВВУ-1 (HLO-1) ба воситаи ҷоҳ дар давраи истифодаи доимии гидрогирехи Роғун истифода мешавад.

Системаи мониторинги нақби соҳтмонии НС-4 НБО-и Роғун дар худ 9 нишонаҳои ченкуниро дорост- қитъаҳои асбобҳои назоратӣ-ченкунӣ (расми 11).

Қитъаи АНЧ №1 (ПК 06+70.00); Қитъаи АНЧ №2 (ПК 08+40.00); Қитъаи АНЧ №3 (ПК 12+60.00); Қитъаи АНЧ №4 (ПК 13+40.00); Қитъаи АНЧ №5 (ПК 13+65.00); Қитъаи АНЧ №6 (ПК 13+80.00); Қитъаи АНЧ №7 (ПК 14+20.00); Қитъаи АНЧ №8 (ПК 14+35.00); Қитъаи АНЧ №9 (ПК 17+00.00).

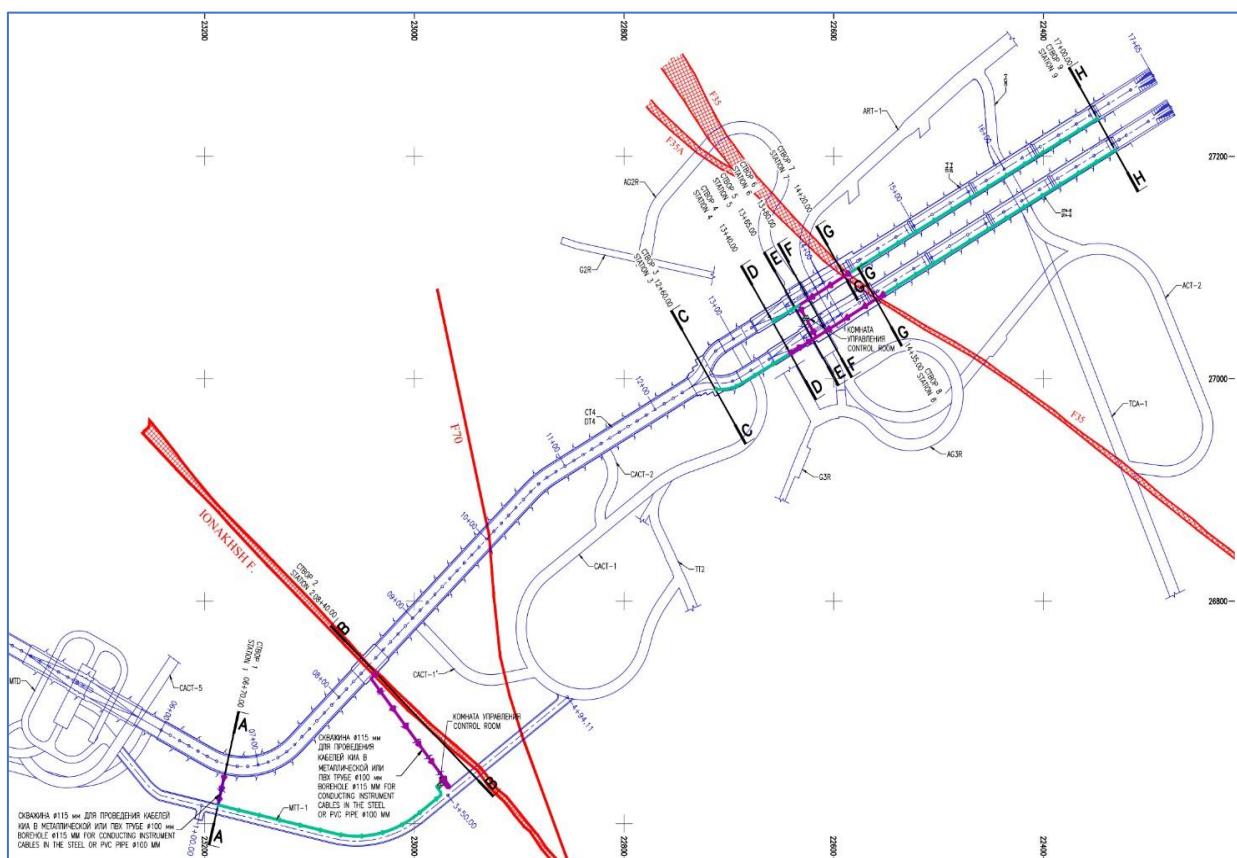
Мақсади асосӣ интихоби нақшай чойгиркунии асбоби назоратӣ-ченкунӣ (АНЧ) барои чен кардани параметрҳои гидравликии нақби соҳтмони НС-4, муайян кардани намуд ва миқдори асбобҳои ченкунӣ дар роҳи обпартои НС-4 ва талаботи асосӣ барои ҳар як намуди асбобҳо. Нақби гидротехникии НС-4-и НБО-и РОғун бо АНЧ-и геотехники, ки дар поён оварда шудааст, чихозонида мешавад:

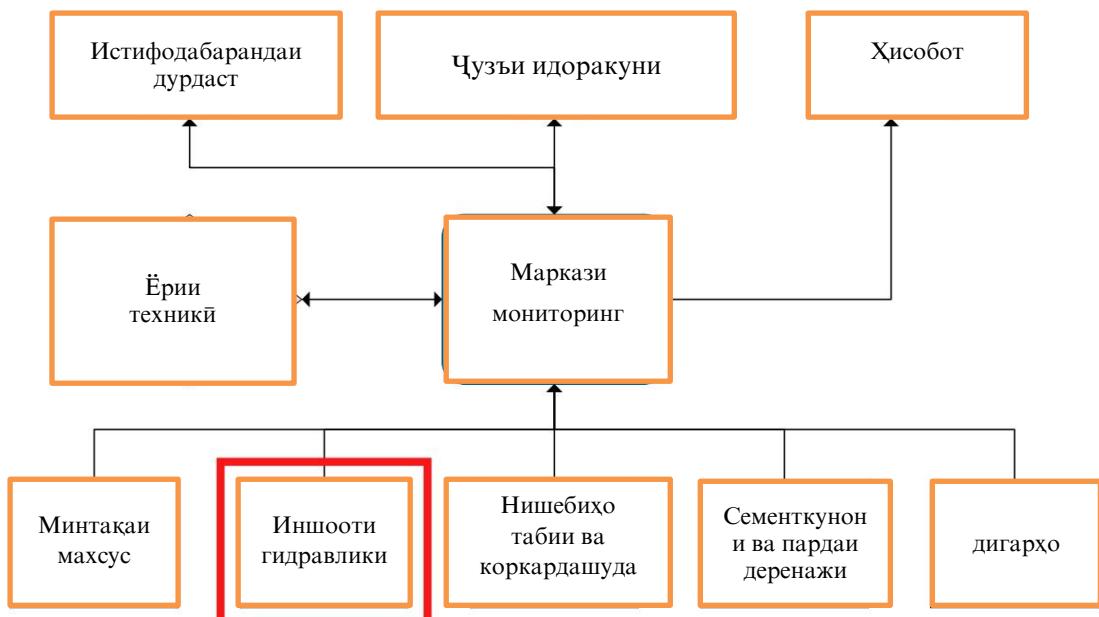
24 дона. DT4-XX-MP-XX – Экстенсометри бисёрнуқтаи чоҳ;

40 дона. DT4-XX-PZ-XX – Пъезометрҳо;

4 дона. DT4-XX-LS-XX – Ченаки об;

4 дона. DT4-XX-VC-XX – Камераи видео.





**Расми 12.** Системаи мониторингии меъмории ЛОТ-3

Мувофики кайди техникии таҷхизоти геотехники ва назорат дар НС-4 - P3-ROG-B-IN-DT4-00-DT-MN-0001-A0, КИА ва характеристикаҳои онҳо чунинанд:

**DT4-XX-MP-XX** – Экстенсометри бисёрнуқтаи чоҳ

Шумораи нуқтаҳои ченкунӣ 4 ( $4\text{м} + 8\text{м} + 15\text{м} + 30\text{м}$ ) ё  
 $4 (3\text{м} + 6\text{м} + 9\text{м} + 18\text{м})$

Диапазони андозагирий 100мм, 150мм ё 200мм.

**DT4-XX-PZ-XX** – Пъезометр

Диапазони андозагирий 0-2 МПа

**DT4-XX-LS-XX** – ченаки об

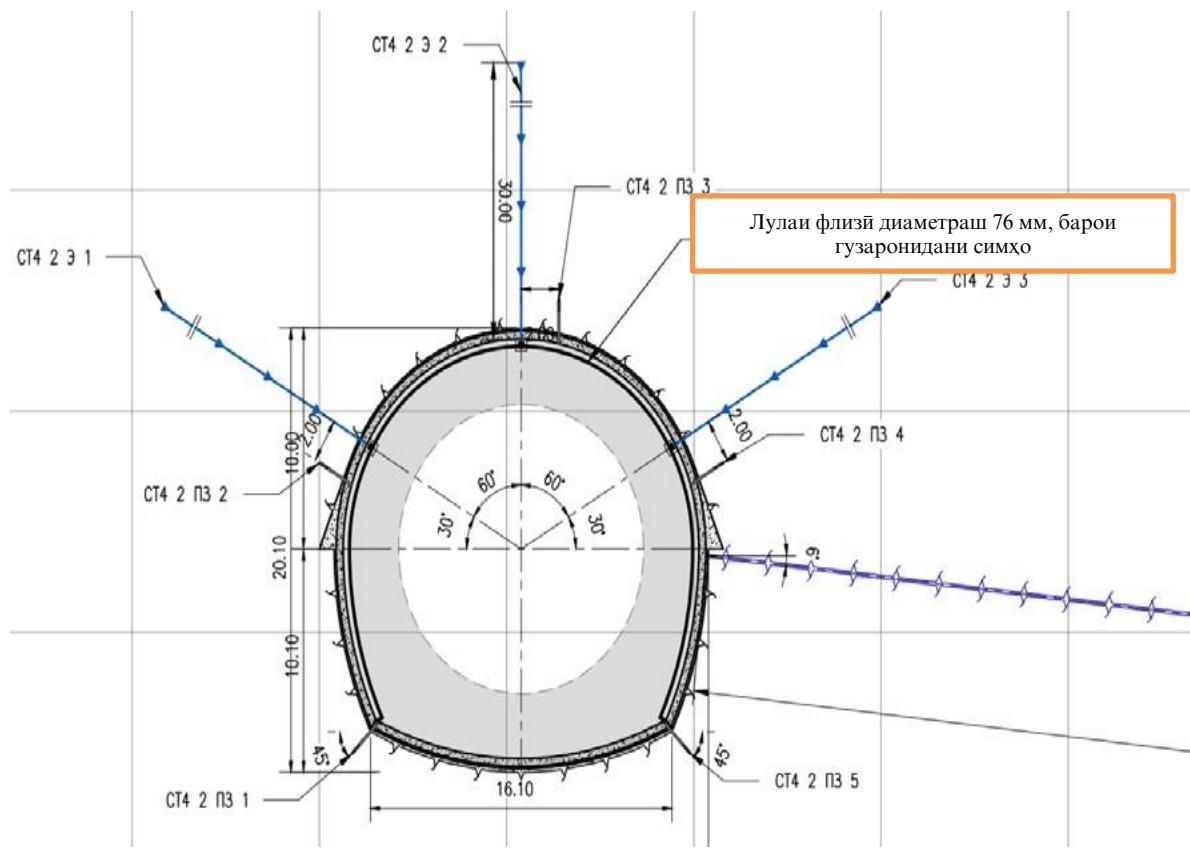
Диапазони ченкунӣ 0-12 метр аст

Иҷозат 5 см (0,05 м)

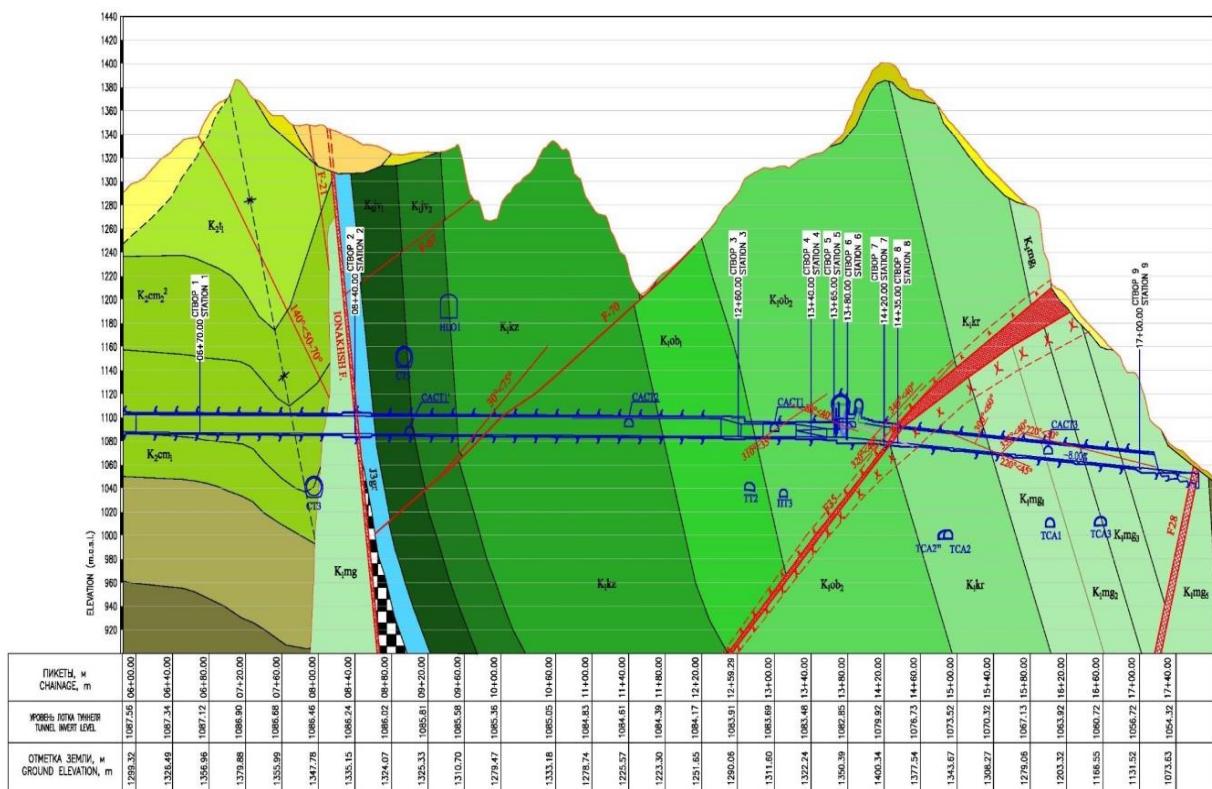
**DT4-XX-VC-XX** – Камераи видео

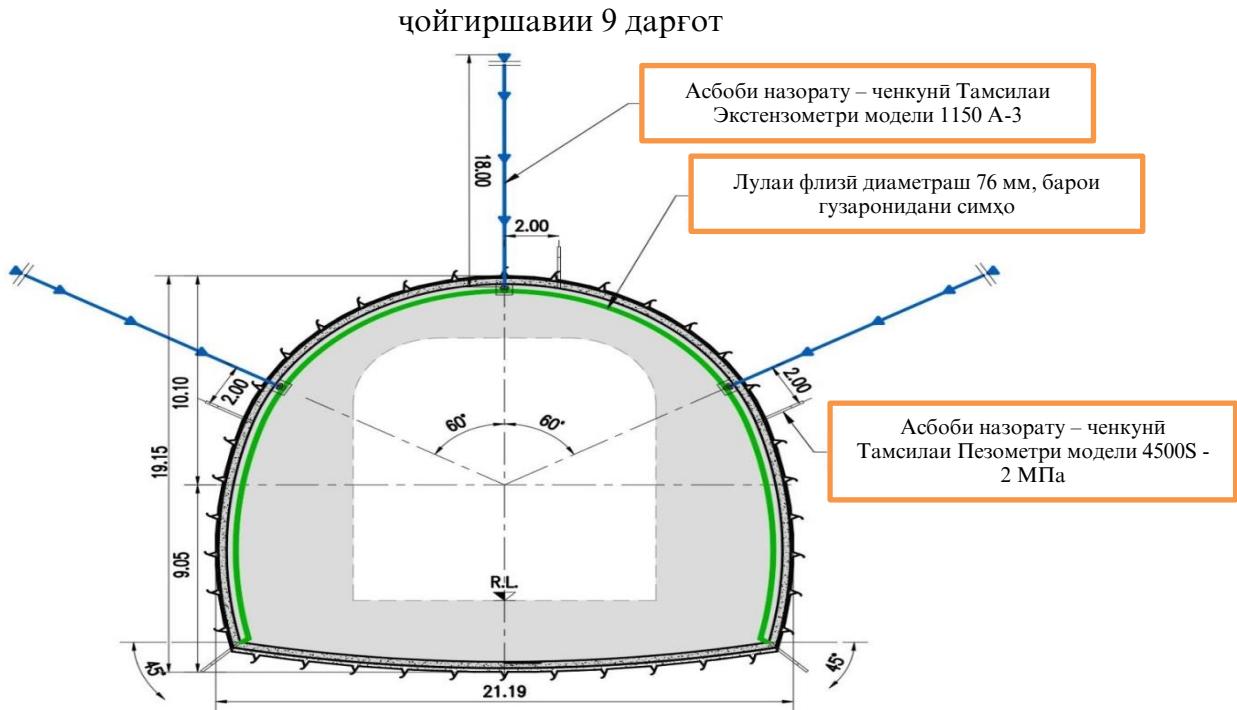
Иҷозат 4 МП

Максади асосӣ интиҳоби нақшай чойгиркуни дастгоҳӣ назорату ченкунӣ (ДНЧ) барои чен кардани параметрои гидравликии кад-кади нақби соҳтмони НС-4, муайян кардани намуд ва микдори асбобҳои ченкунӣ дар кад-кади роҳи обпартони НС-4 ва талаботи асосӣ барои хар як намуди дастгоҳ. Инчунин таҳлили муфассали гидравликии АНЧ, ки бояд дар конструкцияи бетонӣ (рупушкунӣ) соҳта шавад ва метавонад ба лоиха ва соҳтмони ин иншоот таъсири калон расонад. Асбобҳои асосии ченкуни гидравликӣ, ки мавриди баррасӣ қарор доранд: датчикҳои сарфа ва фишор.



**Расми 13.** Экстенсометрҳои ҷоҳҳои бисёрнуқта дар хати асбобҳои назоратӣ-ченкунӣ (АНЧ), №2





**Расми 15.** Нақшай намунавии чойгиркуни пезометрҳо ва экстенсометрҳо бо дарғот 7 ва 8

Системаи назорати нақби гидротехникии НС-4-и НБО-и Роғун дорои 9 дарғоти ченқунӣ - қитъаҳои бо асбобҳои назорату- ченқуниро дарбар мегирад.

Нақшай қабулшудаи чойгиркуни ДНЧ ва системаи мониторингӣ нақби соҳтмонӣ НС-4-и НБО-и Роғун дорои 9 қитъаи ченқунӣ - дарғот бо таҷхизоти назорату ченқуниро дарбар мегирад. Ба датчикҳои асосии геотехникий, ки барои насб дар НС-4 дар байни пикетҳои 06+00 м ва 17+16 м пешбинӣ шудаанд, торҳои ларзиши пъезометрҳо ва экстенсометрҳои (VS) мебошанд.

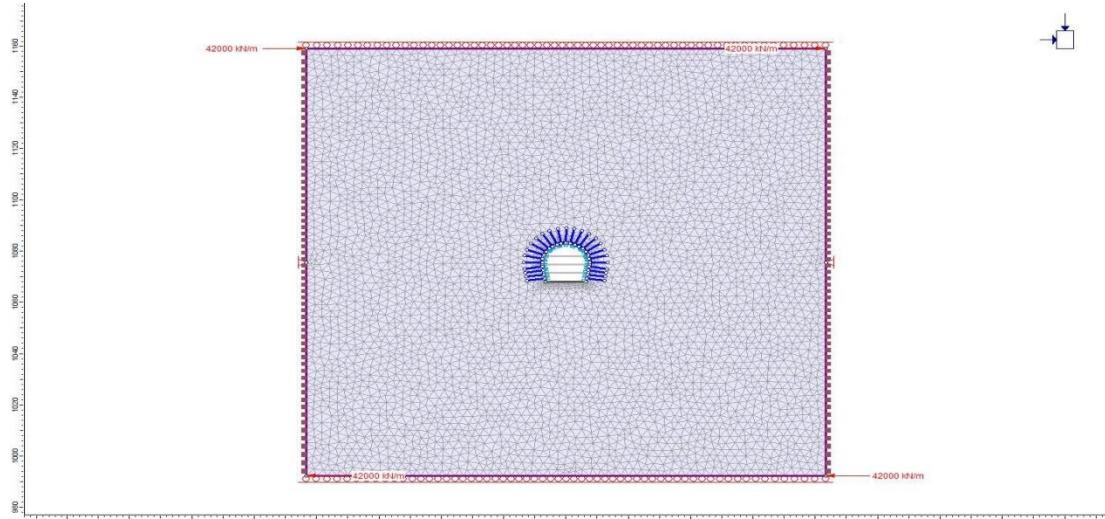
#### **Боби 4. ҲИСОБИ НДС СТ – 4 БО УСУЛИ ЭЛЕМЕНТҲОИ НИҲОЙ ВА ТАВСИЯҲО БАРОИ ИНТИХОИ КОНСТРУКСИЯИ БАСТА**

Боби чорӯм ба ҳисобкуни ӣ бо истифода аз усули амсиласозии элементҳои ниҳоӣ нақби гидротехникии НС-4 НОБ –и Роғун баҳшида шудааст.

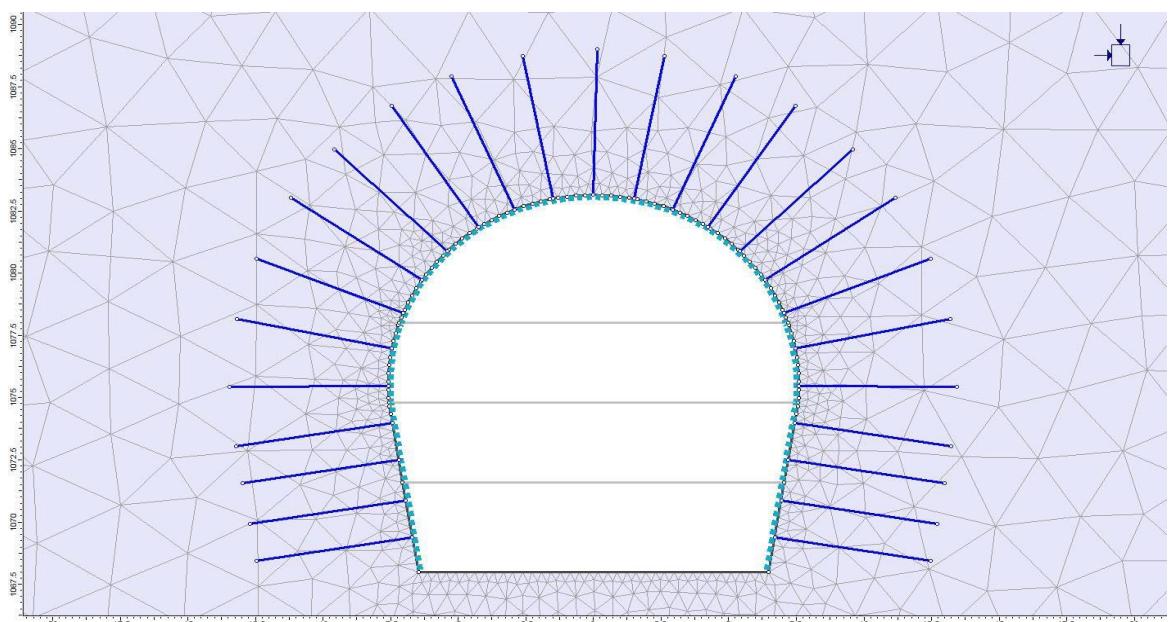
Ба сифати зинаи охири лоиҳаашини устуворкуни чинсҳо барои нақби бетамбагии НС -4 (аз пикети 13+82 м то 17+16м нақби НС -4) амсиласозии математикий қиматҳои нақб бо таҳқики шиддати чинси кӯҳӣ баъди коркарди нақби НС -4 баъди чойгиркуни системаи бастаи чинс ичро карда шуд. Барои ин барномаи барои ҳисоби усули элементҳои ниҳоӣ RS2, вер. 9.0 аз тарафи RocScience Co. аз Торонто, Канада пешниҳодшуда, истифода бурда шуд.

Барои қисмати наълшакли нақбҳои бетамбагии НС-4 дар пикети 15+50 м барои НС-4 дар масиви чинсҳо синфи Ia (буриши 1) амсила соҳта шудааст, ки дар он ҷо насб кардани системаи мустаҳкамкуни санг

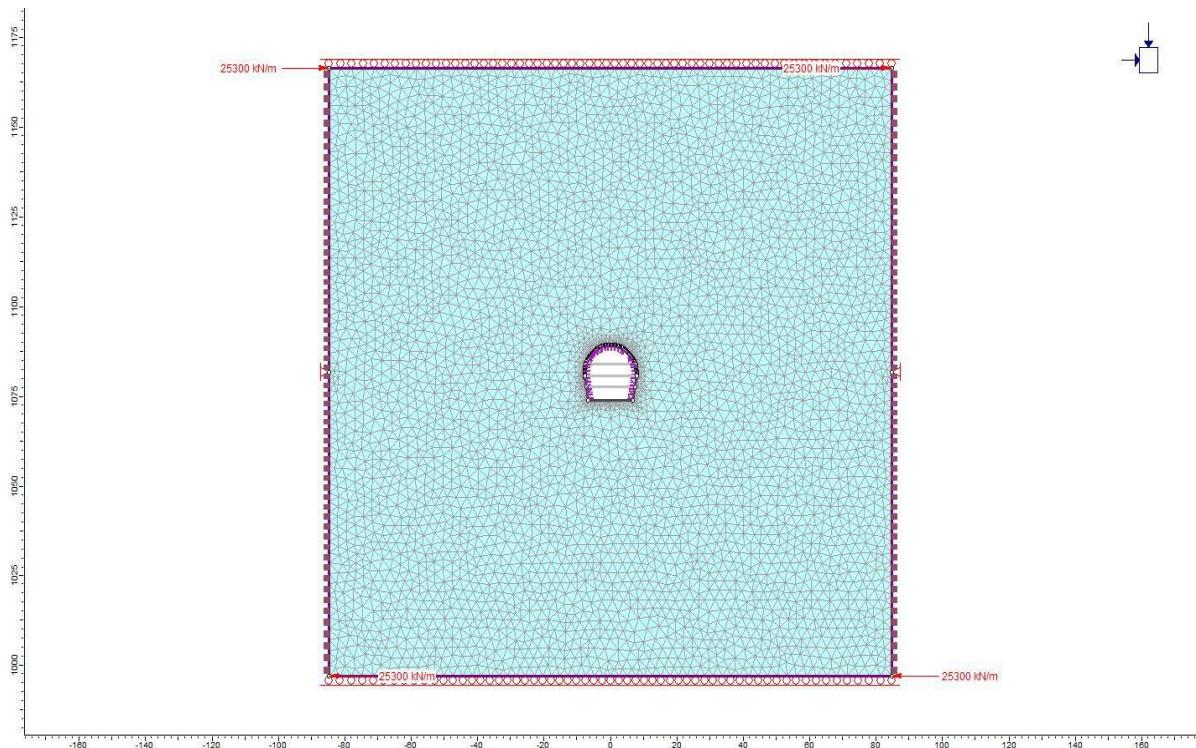
ба нақша гирифта шудааст дар намуди D4-I, аз чумла торкет-бетони ғафсии 10 см бо 1 қабати торхой металлии Ø6@150x150 мм, инчунин лангарҳои пурра сementшаванди Ø32 мм L=5.85м @1.5x1.5м. Андозаи ҳар як нақби бетамбагии дар ин амсила баъди коркард 15,15 м баландӣ ва 15,20 м бари нақбро ташкил мекунад.



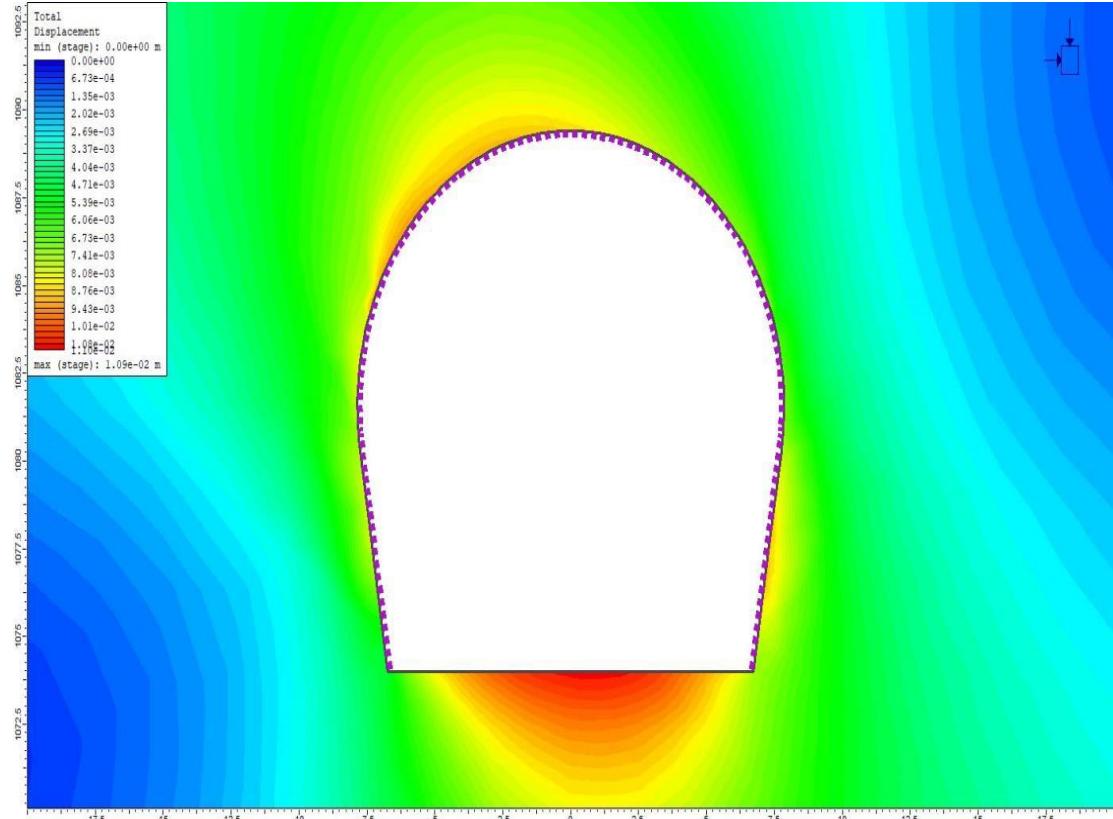
**Расми 16.** Шакли умум амсиласозии К-Э бетамбагии нақби НС-4 дар буриши 1  
Барои буриши наълшакли нақбҳои бетамбагии НС-4 дар ПК 15+20 м барои НС-4 дар массиви ҷинсҳо синфи III-а (буриши 2) амсилаи соҳта шудааст, ки дар он ҷо насб кардани системаи мустаҳкамкуни ҷинсҳо ба нақша гирифта шудааст дар шакли D4-II, аз чумла торкетбетон ғафсиаш 5 см, бетони мустаҳкамнашудаи ғафсӣ 30 см С25/30 ва қабурғаи пӯлоди IPE240 мм @1,0 м. Андозаи ҳар як нақби бетамбаги дар ин амсила баъди коркард кандан 15,40 метр ва 15,70 метр баландиро ташкил мекунад.



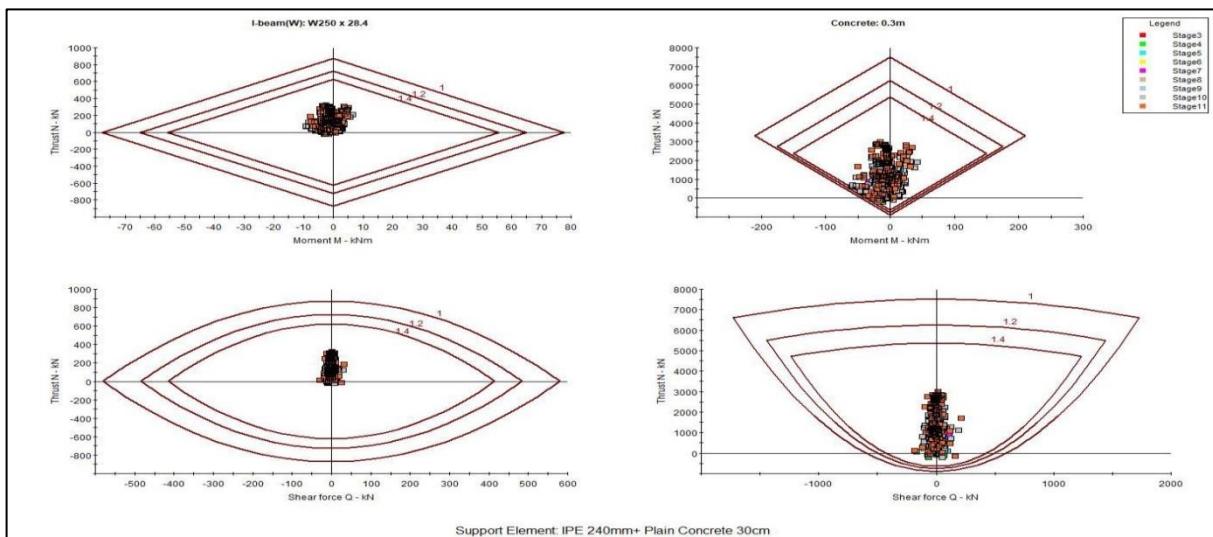
**Расми 17.** Шакли васеъшудаи амсиласозии К-Э бетамбагии нақби НС-4 дар буриши 1 –Марҳилаи II



**Расми 18.** К-Э амсилаи нақби бетамбагии НС-4 дар буриши 2, синфи массив чинсҳо III-а, намуди мустаҳкамкунӣ чинсҳо дар D4-II, аз ҷумла торкретбетон ғавсии 5см, ғавсии бетони мустаҳкамнашуда 30см C25/30 ва қабурғаи пӯлоди IPE240 мм @1.0 м –Марҳилаи II



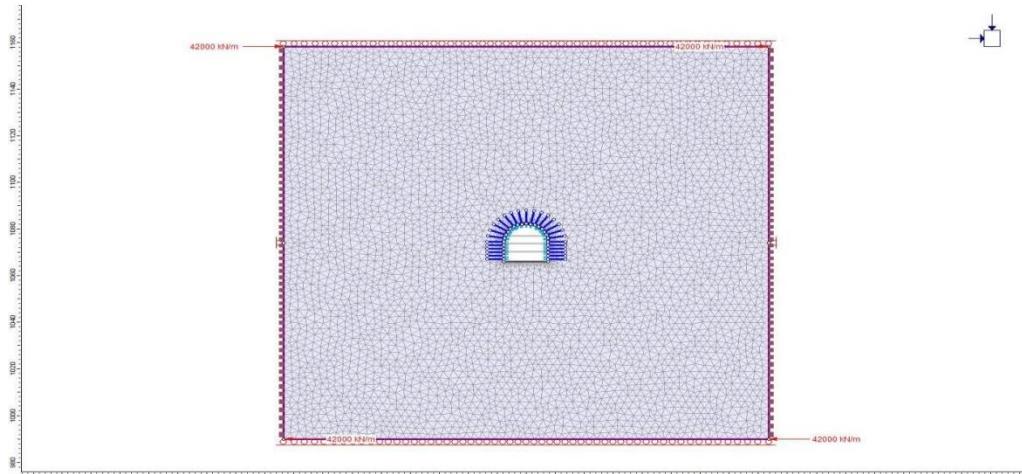
**Расми 19.** Ҷойивазкунии умумӣ дар массиви чинсҳо дар атрофи нақҳои бетамбагии НС-4 дар буриши 2 - Марҳилаи II



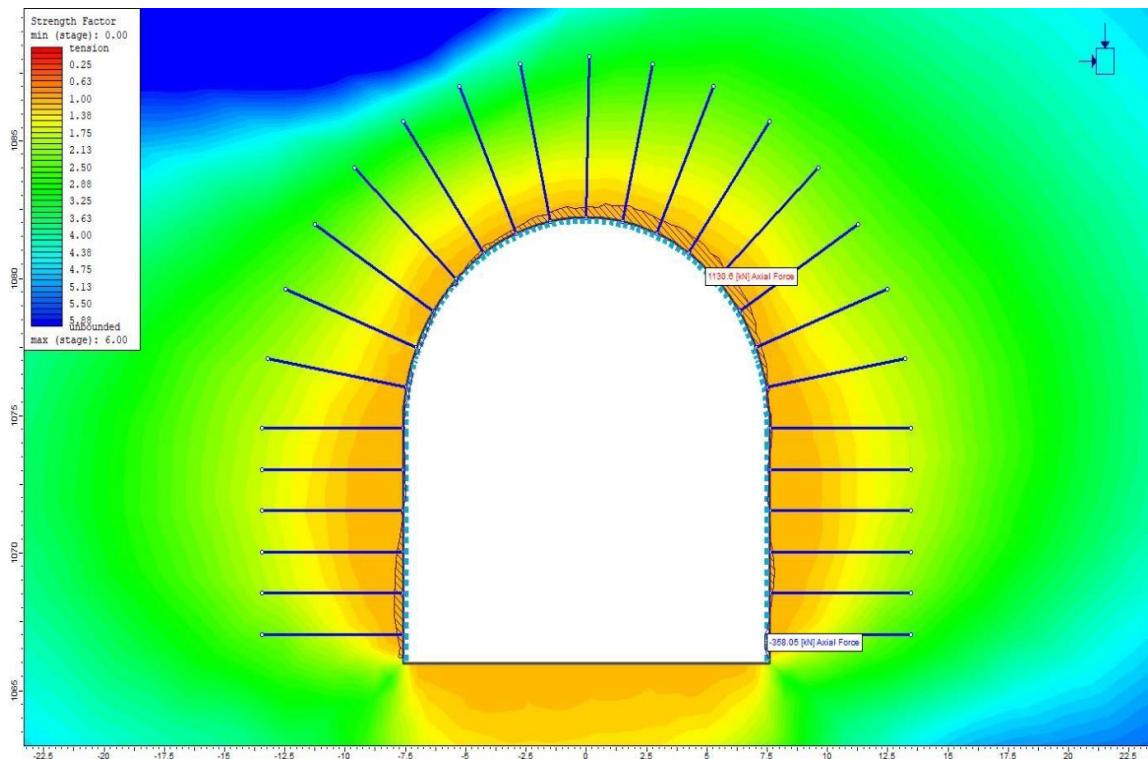
**Расми 20.** Иктидори борбардории бетони бе арматур ва қабургаи пӯлодӣ дар руйпуши буриши 2 нақби бетамбагии НС-4

Таҳлили шиддатҳо нишон дод, ки чорабинҳо барои устуворкуни чинсҳо барои ин буриш функционалии худро дар зинаҳои гуногун барои бурдани корҳои ҷоҳқанӣ нигоҳ медоранд. Қайд бояд намуд, ки бо дарназардошти истифодай қувваи зилзилавӣ баробари зминҷунӣ ҳангоми гузаронидани корҳои ҷоҳқанӣ дар нақбҳои бетамбагӣ ( $\text{OBE} = 0.27g$ ), имконияти ҳосил намудани устуворӣ дар буриши 2 ҳаст ва нақб баъди гузоштани чунин қувваҳо дар ҳолати коршоямӣ меистад.

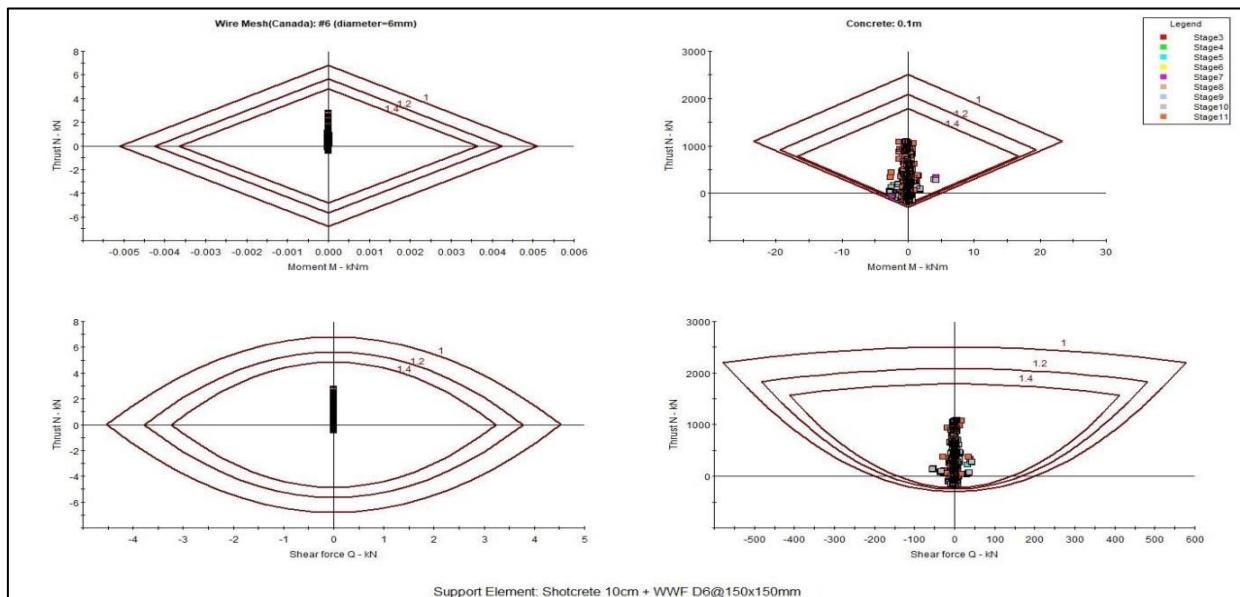
Ин амсила барои буриши D-шакл нақби бетамбагии НС-4 дар ПК. 15+70 м барои нақбҳои НС-4-А ва СТ4-В дар масиви табий синфи 1-а (буриши 3), ки гузоштани устуворкуни чинси D4-IV бо дарназардошти торкредбетон бо ғафсии 10 см бо як қабат симтурӣ металии кафшершудаи  $\varnothing 6 @ 150 \times 150$  мм пешбинӣ шудааст ва пурра бо мурватҳои  $\varnothing 32$  мм,  $L=5.85$  м @ $1.5 \times 1.5$  м сement карда мешавад. Андозаҳои ҳар як нақби бетамбагӣ дар ин амсила баъди гузориш баландии 16.20 ва 15.20 ташкил медиҳад.



**Расми 21.** Намуди умумии К-Э амсила нақбҳои бетамбагии НС-4 дар буриши 3, синфи масиви чинсҳо I-а, намуди мустаҳкамкуни чинсҳо D4-IV, аз ҷумла 10 см торкред-бетони армиронишуда бо 1 қабати WWF  $\varnothing 6 @ 150 \times 150$  мм ва мурбатҳои лангарии пуррасементшавандай  $\varnothing 32$  мм,  $L=5.85$  м @ $1.5 \times 1.5$  м - Марҳилаи II.



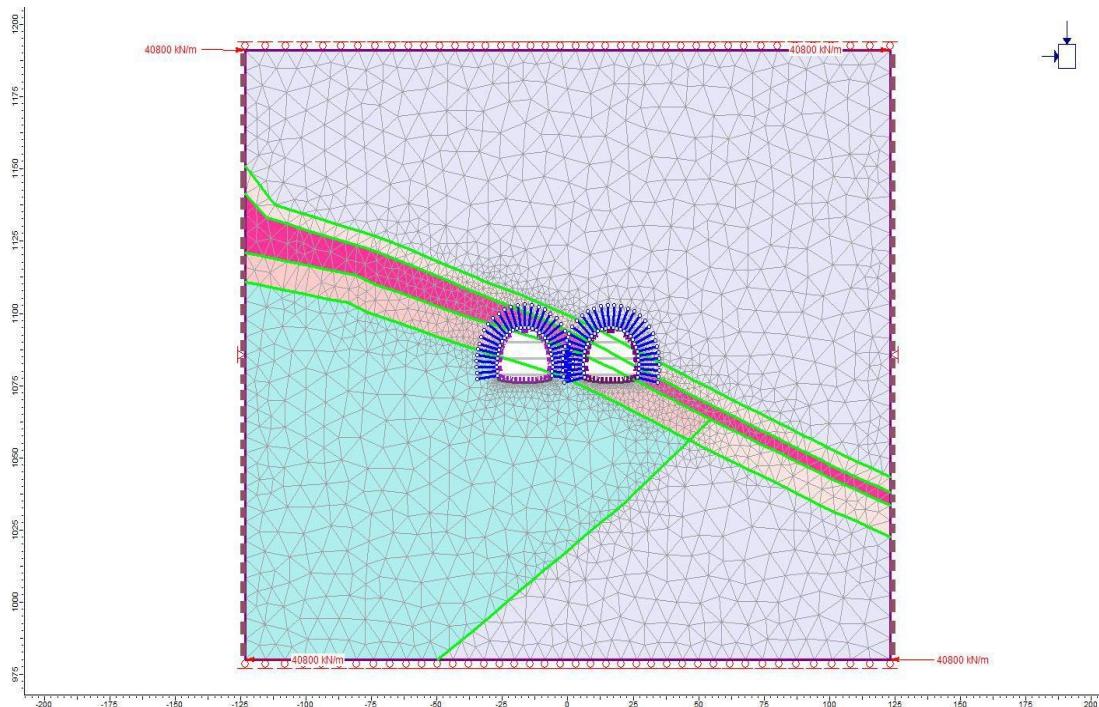
**Расми 22.** Зариби мустаҳкамай дар массиви чинсҳо дар атрофи нақбҳои бетамбагии НС-4 ва қувваҳои меҳварӣ рӯйпушкунӣ дар буриши 3 -Марҳилаи II.



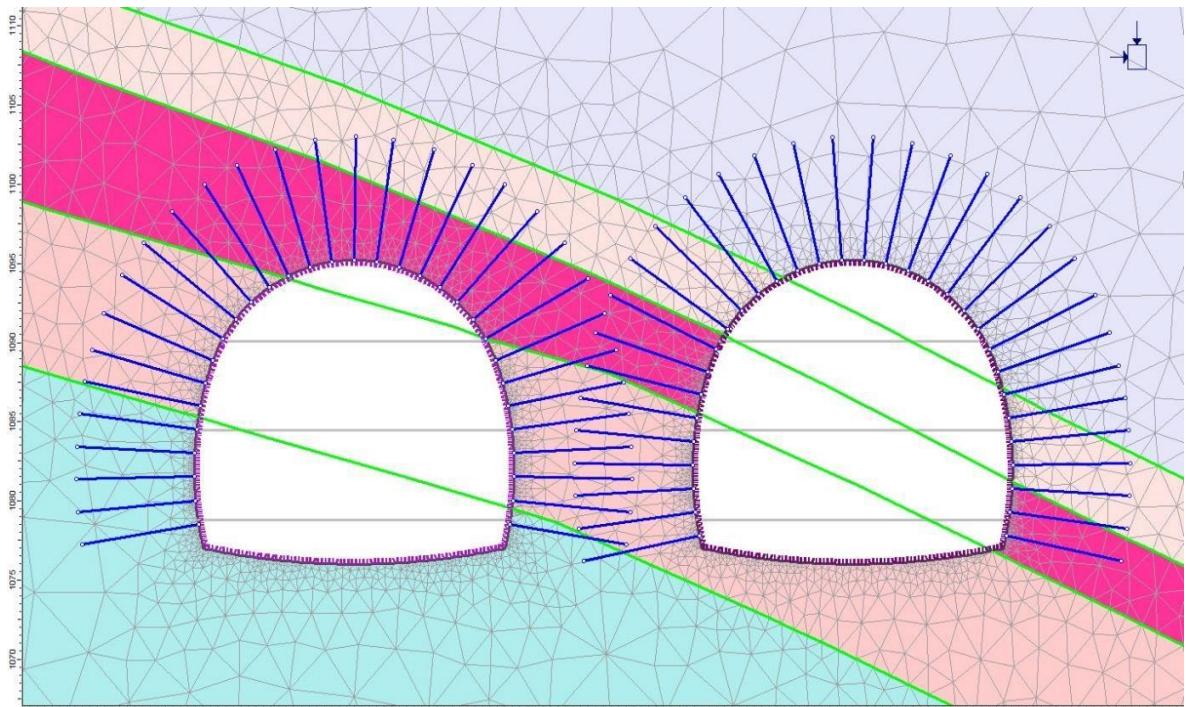
**Расми 23.** Иқтидори мустаҳкамай бетони торкретии армированшуда дар буриши 3 нақби бетамбагии НС-4

Ин амсила барои қисмати наълшакли нақбҳои бетамбагии НС-4 соҳта шудааст дар ПК14+30 м нақбҳои НС4-А ва НС4-В дар массиви чинсҳо синфи IV (буриши 6), ки дар он ин нақбҳо аз минтақаи шикасти 35 мегузаранд ва наасб кардани бастан чинсҳо намуди XXV, аз ҷумла бетони торкретии 5 см ғафсӣ, бетони бетаъсир C25/30 ғафсӣ 35 см ва қабурғаи пӯлодӣ IPE300 мм @1,0 м (дар равоқи нақб, деворҳои канорӣ

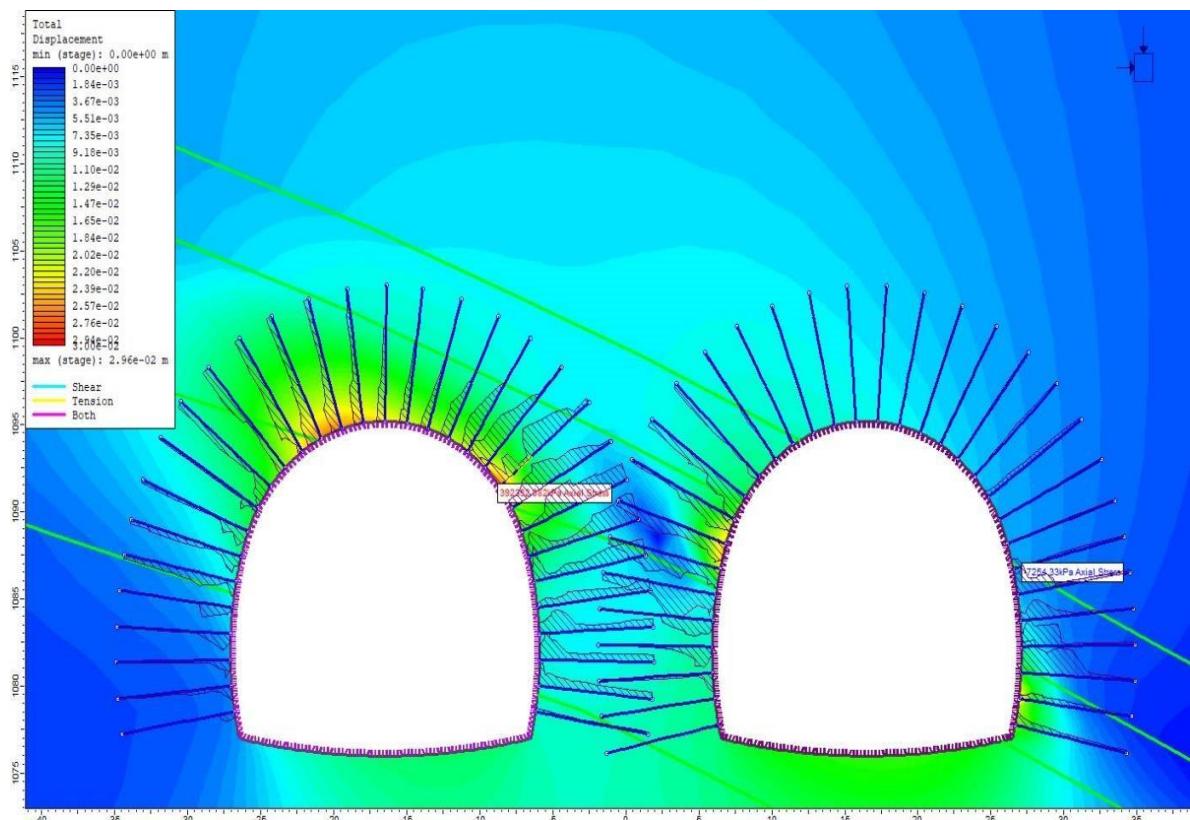
ва қисми чүйбор) ва мурбатҳои лангари сementшаванд  $\varnothing 40$  мм,  $L = 7,80$  м @ $1,5 \times 1,0$  м. Андозаи хар як нақби бетамбаги дар ин амсила баъди коркард болори 19,20 метр ва паҳнои 21,20 метр ташкил медиҳад.



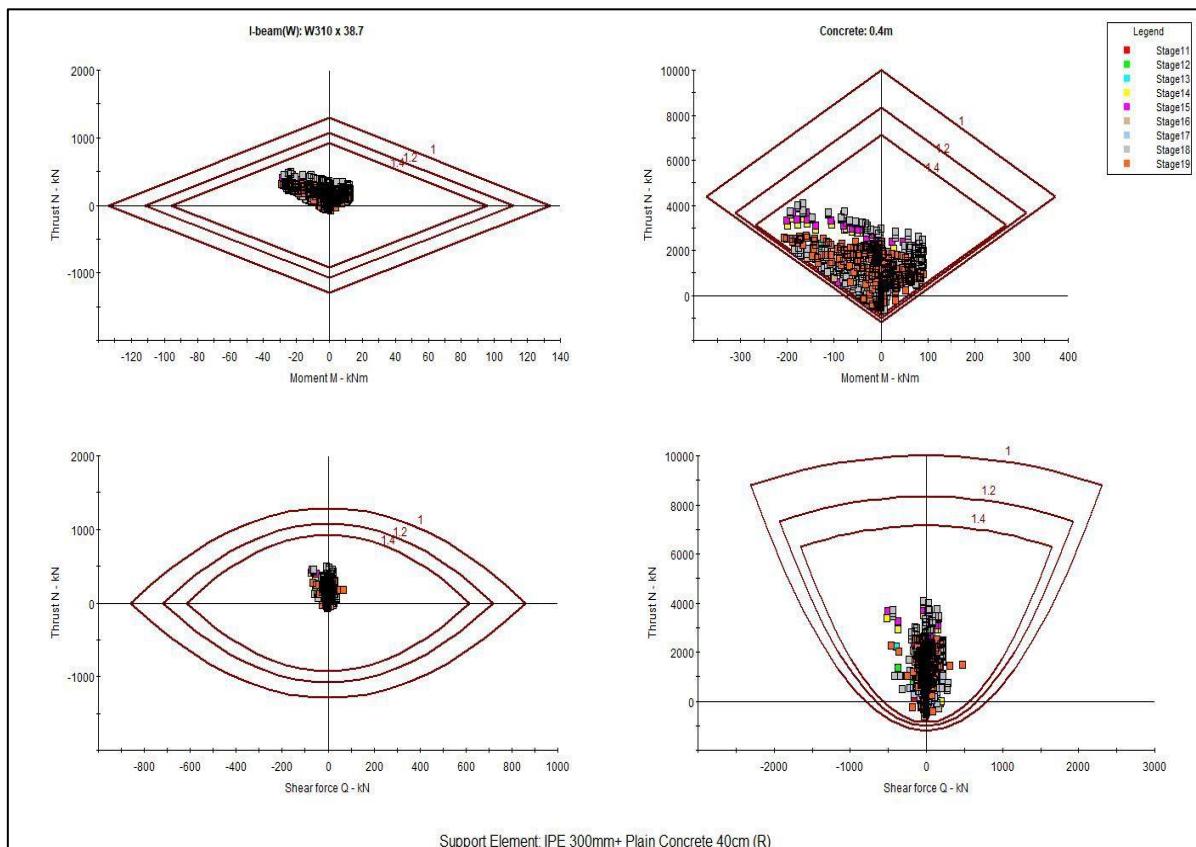
**Расми 24.** Шакли умум амсиласозии К-Э бетамбагии нақби НС-4 дар буриши 6



**Расми 25.** Шакли васеъшудаи амсиласозии К-Э нақби бетамбагии НС-4 дар буриши 6  
–Марҳилаи 19



**Расми 26.** Ҷойивазкунии умумӣ дар массиви чинсҳо дар атрофи нақбҳои бетамбагии НС-4 ва фишори меҳварӣ дар мурбатҳои лангар дар буриши 6 - Марҳилаи 19



**Расми 27.** Иқтидори борбардории бетони армированшуда ва қабурғаи пӯлодӣ рӯйпушкунӣ дар буриши 6 нақби бетамбагии НС-4 – нақби рост

Бо назардошти мустаҳкамкунӣ ҷинсҳо, ки дар асоси натиҷаҳои усулҳои тарҳрезии эмпирӣ, аналитикӣ ва математикӣ пешниҳод шудаанд, яъне. бо истифода аз таҳлилҳои  $Q_{2015}$ , UnWedge ва К-Э, амсиласозии нақбҳои бетамбагии НС-4, инчунин бо назардошти ҳисоби шакл ва андозаи буришҳи арзи ғафсии қабати бетонӣ дар ин минтақа, синфҳои рӯйпушкунӣ тавсия дода мешаванд.

Бояд қайд намуд, ки беназардошти он нисбати нақбҳои бетамбагӣ санчиши мустаҳкамами фонро, бо интиҳоби лозимаи соҳтори васлнамоӣ ҳисобҳо тариқи чораҳои консервативӣ, ки бо пешниҳоди натиҷаҳои К-Э санчиш, тарзи ба ҳисобгири  $Q_{2015}$  вобаста ба нишондоди ҷадвал гузаронида мешавад. Камбудии асосии интиҳоби қабургахои пулодин ва бетонҳои бетақвият ин дастрасии масолеҳҳои соҳтмони дар объекти соҳташавандай НБО Роғун мебошад. Ҳамзамон системаи воқеии RRS мувофиқа ба пешниҳоди  $Q_{2015}$  ва дар якҷоягии омехтаи бетони пошшаванда дар ин лоиҳа истифодабари нашудааст.

Ҳангоми гузариш аз нақби бетамбагии НС-4, ки ҷавобгуи талаботҳои лозимаи синфҳои маҳкамкунӣ ҳамзамон муайянкунандай геотехникӣ - муҳандисиро дар объекти соҳтмонӣ бо назардошти назорати воқеъии шароити хокҳо гузаронида шудааст. Бо ибораи дигар натиҷаҳои мушоҳидаҳо ва ҳолати воқеъии геотехникӣ масиви ҷинсҳо, ҷойдоштанӣ НС4-БНТ, инчунин рафтори қайдгардида дар вакти зинаҳои гуногуни гузариш ва муҳофизати хокҳо ҳама гуна мутобиқсозии зарурии синфҳои мустаҳкамкунӣ анҷом дода мешавад. Агар лозим бошад дар марҳилаи гузариш таҳлили минбаъда барои санчиши синфҳои маҳкамкунӣ гузаронида мешавад, то бовари ҳосил шавад, ки системаи интиҳобшудаи маҳкамкунӣ барои ҳар як қисми нақб кофӣ мебошад, хусусан дар ҷойхое, ки ҳолати хокҳо ва рафтори массивӣ ҷинсҳо аз он ҷизе, ки интизор мерафт, фарқ меқунад. Бояд қайд намуд, ки масофаи миёнаи байни васлнамои ҷинсҳо ва рӯи пеши нақб пурра анҷом дода шудааст.

Чадвали 1. Синфҳои тавсияшудаи рӯйпушкунӣ дар минтақаи гузариш пас аз камераи поёни дарвозаҳои НС-4 ва нақбҳои бетамбагӣ

№	Массиви кӯҳӣ	Наму-ди устуворкунии чинсҳо и кӯҳӣ	Пикетҳо (м)	Маънои Q и GSI	Торкрет - бетон	Лангар пуррасеме нтшаванд	Бетони бе армату ракунони	Канорӣ пӯлодӣ
<b>СТ4А</b>								
1	K1kr & K1mg1 с тарқишиҳои асосӣ	D4-I & D4-IV	14+88 - 15+07	0.61<Q<1.78 45<GSI<55	10 см гавсӣ	Ø32мм, L = 5.85 м @ 1.5×1.5 м	-	-
2			15+38 - 15+89					
3			16+14 - 16+21					
4	K1mg1 с тарқишиҳои асосӣ ва K1kr, K1mg1, K1mg2 & K1mg3 бо тарқишиҳои дуюм	D4-II, D4-V,& D4-VI& D4-VII	14+60 - 14+88	0.22<Q<1.00 40<GSI<55	5 см гавсӣ	-	30 см гавсӣ	IPE 240 мм, фосила 1.00 м
5			15+07 - 15+38					
6			15+88 - 16+14					
7			16+21 - 17+16					
8	K1kr (Вайроншуда и минтақаи шикастаи 35)	D4-IIIa	14+37 - 14+60	0.17<Q<0.44 35<GSI<40	5 см гавсӣ	-	40 см гавсӣ	IPE 300 мм, фосила 1.00 м
9	K1ob2 с тарқишиҳои асосӣ	XX, XXI, XXII & XXIII	13+82 - 14+03	0.28<Q<0.59 50<GSI<55	5 см гавсӣ	Ø40мм, L = 7.80 м @ 1.5×1.0 м (деворҳо)	35 см гавсӣ	IPE 300 мм, фосила 1.00 м
10	K1ob2 & K1kr (Вайроншуда и минтақаи шикастаи 35)	XXIV & XXV	14+03 - 14+07	0.17<Q<0.44 35<GSI<40	5 см гавсӣ	Ø40мм, L = 7.80 м @ 1.5×1.0 м ( болои нақб ва деворҳо и канорӣ))	35 см гавсӣ	IPE 300 мм, фосила 1.00 м ( болои нақб ва деворҳои канорӣ)
11			14+28 - 14+37					
12	Минтақи шикаста 35	XXV	14+07 - 14+28	0.017<Q <0.028 25<GSI<30	5 см гавсӣ	Ø40мм, L = 7.80 м @ 1.5×1.0 м ( болои нақб ва деворҳо и канорӣ)	35 см гавсӣ	IPE 300 мм, фосила 1.00 м ( болои нақб ва деворҳои канорӣ)

## ХУЛОСА

### *Натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия*

1. Натиҷаҳои мушоидашо ва ҳолати вақеъи чинси геотехникии бузург дар НС-4, инчунин рафтори он ҳангоми корҳои нақбаканӣ ва мувозинатии хокҳо дар зинаҳои гуногун бо дарназардошти омилҳои геологӣ – муҳандисӣ, ки ба тавсифи мустаҳкамии устувории чинсҳои кухӣ таъсир мерасонад. Агар дар зинаи нақбаканӣ лозим дониста шавад, ташхиси минъбада бо мақсади санчиший синфи тиргакҳо (крепи) гузаронида мешавад, ба хотири он ки системаи интихобшудаи тиргакҳо (крепи) барои ҳаряқ қисми нақб мустаҳкам аст, хусусан ин ба мавқеи ҷойгиришавӣ даҳл дорад, ки ҳолати хок ё рафтори бузургии табии аз рафтори хокҳои дарназардошташуда метавонад фарқ намояд [1-М, 4-М, 8-М].

2. Аз рӯи натиҷаҳои амсиласозии рақамӣ ҳолати шиддатнокӣ-шаклдигаркунӣ нақби бетамбагии гидротехникӣ ва коркардӣ тавсияҳо оиди интихоби намуди конструксияи борбардор бо дарназардошти зилзилатобоварии иншоот муқаррар карда шуд, ки масофаи максималии байни чинси тиргак (крепи) ва тегаи рӯи нақб бояд  $2\text{-}3$  м барои  $Q_{min}>0.6$ , ва  $1,5$  м барои  $Q_{min}<0.6$  ташкил намояд [2-М, 3-М, 4-М, 6-М, 8-М].

3. Тахлили устувории нақби гидротехникии НС-4 ҳангоми лоиҳакаший дар тиргакҳои сангин бо се усул гузаронида шуда аст; 1 бо истифодаи усулҳои эмперикӣ, аналлитикӣ ва математикӣ [2-М, 3-М, 4-М, 6-М, 8-М, 17-М, 19-М].

4. Коркарди тавсияҳо оиди интихоби синфҳои тиргакӣ (крепи) барои қисмҳои гуногуни литологияи нақби гидротехникии НС-4 аз рӯи шарти муҳандиси – геологӣ дар асоси натиҷаҳои амсиласозӣ [9-М, 13-М, 15-М, 20-М, 22-М].

5. Нақшай ҷойгиришавии КИА қабул карда шуд ва системаи мониторинги соҳтмони нақби НС-4 НБО- и Роғун ба худ 9 ҷойи банди ҷенкуни – қитъаҳо бо асбобҳои назоратӣ- ҷенкуниродар бар мегирад. Ба ҳабардиҳакҳои асосии геотехникӣ, ки барои гузоштан дар НС-4 байни пикетҳои 06+00 м ва 17+16 м пешбини шудааст, пеъзметрҳо ва экстензометрҳои тордори ларзишхуранда доҳил мешаванд [1-М, 2-М, 3-М, 4-М].

6. Натиҷаҳои мониторинги геотехникии асбобҳои назоратӣ- ҷенкуни (КИА) нақби соҳтмонии НС-4 НБО-и Роғун ба даст оварда шуд [1-М, 2-М, 3-М, 4-М].

#### **Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:**

1. Синфҳои чинсҳои тиргакӣ бо дарназардошти усулҳои лоиҳакашии эмперикӣ, аналлитикӣ ва математикӣ пешниҳод карда шуд, яъне бо истифодаи таҳлилҳои  $Q_{2015}$ , UnWedge ва К-Э амсиласозии нақбҳои бетамбагии НС-4, инчунин ҳисоби шакл ва андозаҳои буриши қундалангӣ, ғафсии қабати бетон дар минтақаи додашуда ба назар гирифта шуд.

2. Тахлили устувории фонажо ҳангоми интихоби системаи лозимаи тиргакҳо аз он шаҳодат медиҳад, ки ҳангоми ҳисобкунӣ нисбатан ҷораҳои консервативӣ қабул карда шудааст, бо дарназардошти натиҷаҳои таҳлили

К-Э ва Q<sub>2015</sub> тавре, ки дар ҷадвали 4.1. нишон дода шудааст. Сабаби асосии интиҳоби қабурғай пулодӣ ва бетони бекабатдор дастрас будани масолеҳҳо дар иншооти сохта шудаистодаи НОБ-и Роғун шиносои бо пудрадчиёни маҳали мебошад. Дар баробари ин системаи ҳозираи RRS пешниҳод гардида дар мувоффикатии бо Q<sub>2015</sub> ва бетони пошнахуранда дар лоиҳаи мазкур истифода нашудаанд.

3. Натиҷаҳои таҳқиқотҳои геотехникӣ аз он ҷумла ҷустуҷӯи ҷинсҳои вайроннашуда ва яклухтнабудаи асосӣ, инчунин таснифоти бузурги кӯҳӣ бо усулҳо пешниҳод шудаанд, Дар асоси натиҷаҳои чунин ҷустуҷӯйҳо параметрҳои геомеханикӣ намудҳои гуногуни бузургихои кӯҳӣ бо истифодаи амиқӣ GSI ва омилҳои вайроншавии Hoek-Brown баҳогузори карда шудааст.

4. Дар асоси усули нави австриягии қандани нақбҳо (NATM) муайян гардид, ки назорати доимӣ ва мониторинги як қисми ҷудонашаванди раванди қандани зеризамини мебошад.

### Литература

1. Earth At night. Averaged over 2021. Night lights in Google Maps. The Earth Observation Group
2. World Energy Perspective Cost of Energy Technologies (англ.). ISBN 978 0 94612 130 4 11. WORLD ENERGY COUNCIL, Bloomberg (2013). Дата обращения: 29 июля 2015. Архивировано из оригинала 1 мая 2015 года.
3. World Energy Perspective (англ.). Мировой энергетический совет (2013). Дата обращения: 20 октября 2019. Архивировано 20 октября 2019 года.
4. IEA. Tajikistan Energy Sector Review 2022. Available at: <https://www.iea.org/reports/tajikistan-2022>
5. NGI Handbook, 2015, "Using the Q-System, Rock Mass Classification and Support Design", pp. 32-35. // Руководство Норвежского горного института, 2015, «Использование системы Q, классификация горных массивов и проект крепи», стр. 32-35.
6. Marinos V., 2010, "New Proposed GSI Classification Charts for Weak or Complex Rock Masses", Bulletin of the Geological Society of Greece Vol. 43. // Новые предложенные диаграммы классификации GSI для слабых или сложных горных массивов, Бюллетень геологического общества Греции, том 43.
7. Hoek E., Carter, T.G., Diederichs, M.S., 2013, "Quantification of the Geological Strength Index Chart".//Хоек Э, Картер Т.Г., Дидерихс М.С., 2013, «Количественное представление диаграммы индекса геологической прочности».
8. Hoek E. et al., 2002, "Hoek-Brown Failure Criterion - 2002 Edition".// Критерий разрушения Хоек-Браун – издание 2002 года.
9. Hoek E., 2007 Edition, "Practical Rock Engineering", [http://www.rocscience.com / hoek /corner/Practical\\_Rock\\_Engineering.pdf](http://www.rocscience.com / hoek /corner/Practical_Rock_Engineering.pdf). //Хоек Э, изд. 2007 г. «Практическое руководство по горному делу».

10. Bardon N., 2002, "Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design", Int. Jour. Roc. MeПк & Min. Sci., 39, pp. 185-216. // Бартон Н., 2002, «Некоторые новые корреляции значения Q с целью поддержки при описании характеристик площадок и проектировании туннелей», Межд.журнал механики грунтов и горного дела, 39, стр. 185-216.

11. Ходжикентская ГЭС. АО «Гидропроект». Дата обращения: 2 февраля 2022. Архивировано 25 сентября 2021 года.

**РУЙХАТИ КОРҲОИ НАШРШУДА ДАР МАВЗУИ РИСОЛА**  
Мақолаҳо дар маҷаллаҳои илмие, ки аз ҷониби КОА-и назди Президенти  
Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд:

**[1-А]. Ҳасанов М.Н.** Применение КИА для измерений гидравлических параметров в тоннеле СТ-4 Рогунской ГЭС / Н.М. Ҳасанов, М.Х. Саидов, М.Н. Ҳасанов // Кишоварз. ДАТ. Теоретический и научно-практический журнал №1.-С.115-121

**[2-А]. Ҳасанов М.Н.** Выбор конструктивной обделки и цементационные работы строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС / М.Х.Саидов, М.А.Сулаймонова, М.Н.Ҳасанов // Политехнический Вестник №1. ТТУ, 2024. -С.200-208.

**[3-А]. Ҳасанов М.Н.** Выбор крепи участка разветвления строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС / М.А. Сулаймонова, М.Н. Ҳасанов, А.М. Алимардонов, С.А.Саидов // Политехнический Вестник №1. ТТУ, 2024.-С.212-220.

**[4-А]. Ҳасанов М.Н.** Расположение геотехнических контрольно-измерительных приборов и системы мониторинга в СТ-4 Рогунской ГЭС /Н.М. Ҳасанов, Д.К. Давронов, М.Н. Ҳасанов // ТНУ, Серия геологических и технических наук 2024. №1. –С.75-83

**[5-А]. Ҳасанов М.Н.** Таҳқиқоти конструксияҳои обгузаронанда бурриаша мудаввар аз таъсири қувваҳои зилзилавӣ /М.Х.Саидов, М.С.Ситамов, М.Н.Ҳасанов //ТНУ, Серия геологических и технических наук 2024. №1. –С.104-114

**[6-А]. Ҳасанов М.Н.** Геотехнической мониторинг контрольной измерительной аппаратурой для СТ-4 Рогунской ГЭС /Н.М. Ҳасанов, М.Х. Саидов, М.Н. Ҳасанов // Политехнический Вестник №4. ТТУ, 2023. -С.120-128

**[7-А]. Ҳасанов М.Н.** Зависимость минимальной глубины заложения напорных необлицованных тоннелей /М.Н. Ҳасанов, М.Х. Саидов //ТНУ-Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №3. –С 28-33

**[8-А]. Ҳасанов М.Н.** Укрепительная цементация оснований плотин в гидротехнических сооружениях/А.Дж. Ятимов, Н.М. Ҳасанов, Ф.А. Холов, М.Н. Ҳасанов // Политехнический Вестник №1, ТТУ, 2023. -С.176-183

**[9-А]. Ҳасанов М.Н.** Анализ результатов исследований напряжений проявляющихся вокруг подземных выработок /А.Дж. Ятимов, Н.М. Ҳасанов,

Ф.А. Холов, М.Н. Хасанов //ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №1. –С.151-158

[10-А]. **Хасанов М.Н.** Результаты натурных измерений статических анализов и их оценки при проходке гидротехнических сооружений /Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, А.М. Алимарданов, М.Н. Хасанов // Политехнический Вестник №4, ТТУ, 2022. -С.112-120.

[11-А]. **M.N. Hasanov.** Peculiarities of swelling eocene clays as the base of structures / M.M. Zakirov, I.A. Agzamova, M.N. Hasanov //Tashkent state tecnical university named after islam kartrmov. Tashent 2021. №1(07). -С.161-168

#### Мақолаҳо дар дигар нашриёт:

[12-А]. **Ҳасанов М.Н.** Зилзилатобарии конструксияҳои обгузарон ҳангоми таъсири зарбавии воситаҳои нақлиёт /М.А. Сулаймонова, М.Н. Ҳасанов, М.М. Зувайдов //МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», 6-7 октября 2023 года, г.Душанбе, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана. С.282-289

[13-А]. **Ҳасанов М.Н.** Инженерно - геологические условия и их влияние на напряженно-деформированное состояние подходного САСТ-5 Рогунской ГЭС /Ф.А. Холов, М.Н. Ҳасанов //МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения», 6-7 октября 2023 года, г.Душанбе, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана. С.257-265

[14-А]. **Ҳасанов М.Н.** Влияние подземных вод на возникновения аварийных ситуаций в транспортных тоннелях /М.Н. Ҳасанов, М.А. Сулаймонова //Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалии устодон, донишҷӯён, магистрантҳо ва аспирантону үнвонҷӯён таҳти үнвони «Дурнамои тараққиёти истеҳсоли масолеҳҳои соҳтмонӣ дар ҷумҳурии тоҷикистон », 31-уми марта соли 2023, ДТТ. Душанбе. –С.252-257

[15-А]. **Ҳасанов М.Н.** Воздействие наземного транспорта на тоннели мелкого заложения /Н.М. Ҳасанов, М.Н. Ҳасанов //МНПК на тему: «Куатбековские чтения-1: Уроки Независимости», посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан 23 апрель 2021 г. С.343-348

[16-А]. **Ҳасанов М.Н.** Строительство гидротехнических тоннелей Сангтудинской ГЭС-1/Н.М. Ҳасанов, М.Н. Ҳасанов //МНПК, «Прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» г. Белгород, 28 октября, Россия. 2020. -С.59-66.

[17-А]. **Ҳасанов М.Н.** Зависимость сейсмостойкости водопропускных сооружений от ударных нагрузок транспортных средств/Н.М. Ҳасанов, М.Н. Ҳасанов //МНПК, «Прикладные исследования и экспериментальные разработки в области естественных и технических наук» г. Белгород, 28 октября, Россия. 2020. -С.53-59

[18-А]. **Ҳасанов М.Н.** Влияние сейсмических воздействий взрывов на устойчивость гидротехнических сооружений /Н.М. Ҳасанов, М.Н. Ҳасанов//

V Международная (XI Всероссийская конференция) Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020. 25-26 ноября. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова». -С.230-237

[19-А]. **Хасанов М.Н.** Улучшение оснований плотин ГЭС с помощью цементации /Н.М. Хасанов, А.Дж. Ятимов, М.Н. Хасанов // МНПК, г. Белгород, Россия. 30 октября 2019. -С.95-98

[20-А]. **Хасанов М.Н.** Натурные наблюдения за осадками грунта плотины в период строительства / Ё.Х. Ядгаров, М.Н. Хасанов // РНПК. ТТУ. факультет. «Строительство и архитектуры». 2019. –С. 206-213.

[21-А]. **Хасанов М.Н.** Теоретические и экспериментальные исследования сейсмостойкости подземных пешеходных переходов/Н.М. Хасанов, И. Носиров, М.Н. Хасанов //МНПК, «Естествознание, техника, технологии: современные парадигмы и практические разработки» г. Белгород, 30 октября, Россия. 2019 г. С.91-94.

[22-А]. **Хасанов М.Н.** Применение цементации для улучшения оснований плотин ГЭС /А.Дж. Ятимов, М.Н. Хасанов // РНПК. ТТУ. Факультет. «Строительство и архитектуры». 2019. – С. 223-228.

#### **Патент:**

[23-А]. Хасанов М.Н. Конструкция водопропускного сооружения[Текст]:Патент №TJ1417 Республики Таджикистан: опубл.2508.2023г.

#### **Дастурҳои таълимӣ:**

[24-А]. Хасанов М.Н. Асосҳои кӯҳкорӣ [Матн]:китоби дарсӣ /Н.М.Хасанов, А.М.Алимардонов, Б.У.Боев, М.Н.Хасанов.- Душанбе: бо қарори мушовараи Вазорати маориф ва илми ҶТ №18/5 аз 29 декабри соли 2023 тасдиқ шудааст.-219 с.

[25-А]. Хасанов М.Н. Геологияи муҳандисӣ [Матн]: дастури таълимӣ / А.М.Алимардонов, М.Н.Хасанов.- Душанбе: дар Шӯрои методии ДТТ протоколи №2 аз 05 января 2022с. тасдиқ шудааст.-75 с.

[26-А].Хасанов М.Н. Соҳтмони иншоотҳои зеризамиӣ дар шароити мураккаби кӯҳӣ-геологӣ [Матн]: дастури таълимӣ / Н.М.Хасанов, А.О.Якубов, М.Н.Хасанов. дар Шӯрои методии ДТТ протоколи №3 аз 02 апрели 2020с. тасдиқ шудааст.-220 с.

## ШАРХИ МУХТАСАР

автореферати диссертатсия Нуралыза Мұхайдиддин Нуралы дар мавзуи «Таъсири мұхандисии геология ба ҳолати шиддатнокій-шаклдигарқуниниң нақби гидротехникі НС-4 НБО-и Рогун», барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникій аз рӯи ихтисоси 2.1. Геология, геодезия, гидрология, соҳтмон, меъморӣ (2.1.8. Соҳтмони гидротехникій).

**Калидвожаҳо:** деформатсия, боришот, геология, ҳолати шиддатнокій-деформатсионӣ, массиви чинсҳои кӯҳӣ, тектоника, ҳамгаштҳо, васлкунандаҳо, нақби гидротехникій.

**Объекти таҳқиқоти диссертатсионӣ** нақби бетамбагии гидротехникии НС-4 НБО-и Рогун мебошад.

**Мақсади кори диссертатсионӣ** – таҳқиқи таъсири омилҳои мұхандисий-геология (фарқиятҳои литологій, нишондиҳандаҳои геомеханикій ва геотехникій), ба ҳолати шиддатнокій-шаклдигарқуниниң нақби гидротехникии НС-4 ва коркарди тавсияҳо барои интиҳоби конструксияҳои басти иншооти устувор.

**Навғонихои илмии таҳқиқот** аз инҳо иборатанд:

-муайян намудани сабабҳои геология, ки ба вайроншавӣ ва устуворкунӣ чинсҳои кӯҳии нақби гидротехникии НС-4-и НБО-и Рогун таъсир мерасонад. Муайян намудани самти фишори асоси минималӣ ва максималӣ дар асоси таҳқиқоти маҳсусе, ки дар коркардҳои калони буруши қўндалангии зеризаминӣ гузаронида мешавад;

-амсиласозии рақамии ҳолати шиддатнокій-шаклдигарқуниниң нақби гидротехникій ва тартибидиҳии тавсияҳо барои интиҳоби конструксияи асосӣ бо истифодаи мурватҳои анкерӣва армирони торкретбетон бо ғафсии 10см;

- тартибидиҳии тавсияҳо барои интиҳоби намуди бастаи сангӣ бо элементҳои асосии он, барои қисмҳои гуногуни НС-4 бо дарназардошти геометрии амалии нақб ва шароитҳои геология;

- ташкили системи мониторинг, муайянкунини миқдори нишонҳои назоратӣ, намудҳои асбобҳои ченкунӣ ва барномаи муоинаи нақби гидротехникии СТ-4.

**Аҳамияти назариявии кори диссертатсия** ба ҳалли масъалаҳои вобаста харитасозии мұхандисий-геологии нақбҳое, ки дар наздикии нақби НС-4 چойгир шудаанд; интиҳоби усули гузаронидани корҳои бетонӣ; интиҳоби амсила барои ҳисоби бастаи нақб; асосноккунини ҳисоби бастаи нақби НС-4; мониторинги геотехникии нақби гидротехникии нақби НС-4.

**Аҳамияти амалии таҳқиқот** аз инҳо иборат аст:

- интиҳоби конструксияи ҳимоякунандаи нақб аз вайроншавӣ баъди заминчунбӣ ва имконияти муҳофизати онҳо ҳангоми истифодабарӣ бо ҳарчи минималӣ ва вақт барои таъмир;

- истифодабарӣ дар раванди таълим дар муассисаҳои таҳсилоти олий ва донишгоҳҳо ҳангоми хондани маърузаҳо ва бурдани корҳои амалӣ, инчунин ҳангоми гузаронидани корҳои озмоиший ва саҳроӣ барои донишҷӯён аз фанҳои, “Соҳтмони зеризаминӣ ва шахтаҳо”, “Асосҳои корҳои кӯҳӣ”, “Технологияи усулҳои таркишибурӣ”, “Механикаи чинсҳои кӯҳӣ ва фишори кӯҳӣ”, “Усулҳои маҳсуси соҳтмони иншоотҳои зеризаминӣ” дар ДТТ ба номи академик М.С Осимӣ барои донишҷӯёни ихтисосҳои «Соҳтмони зеризаминӣ ва шахтаҳо» ва «Соҳтмон ва истифодабарии неругоҳҳои обио барқӣ» ва ғайраҳо.

## АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации Нурализода Мухийиддин Нурали на тему: «**Влияние инженерно-геологических факторов на напряженно-деформированное состояние гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство).

**Ключевые слова:** деформация, осадки, геология, напряженно-деформированное состояние, массив горных пород, тектоника, выемки, крепи, гидротехнический тоннель

**Объектом диссертационного исследования** является гидротехнический тоннель СТ-4 Рогунской ГЭС

**Целью диссертационной работы** является - исследование влияния инженерно-геологических факторов (литологические разности, геомеханические и геотехнические параметры), на напряженно-деформированное состояние гидротехнического тоннеля СТ-4 и разработка рекомендаций по выбору конструкций крепи обеспечивающих устойчивость сооружения.

**Научная новизна исследования:**

- выявление геологических причин оказывающих воздействий на разрушение и устойчивость вмещающих массивов горных пород гидротехнического тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС. Определение направления главного минимального и максимального напряжения на основе проведенных специальных исследований в больших подземных выработках;

-численное моделирование напряженно-деформированного состояния гидротехнического тоннеля и разработка рекомендаций по выбору класса крепи породы с использованием торкретбетоном толщиной 10см;

-в разработке рекомендаций по выбору класса крепи породы, для различных литологических частей гидротехнического тоннеля СТ-4 с учетом фактической геометрии тоннеля и геологических условий;

- в разработке системы мониторинга, установлении количества наблюдательных створов, типов контрольно измерительных приборы и программу наблюдения гидротехнического тоннеля СТ-4.

**Теоретическая значимость диссертационной работы заключается** в решении задач, связанных с инженерно-геологическим картированием тоннелей, расположенных вблизи исследуемого тоннеля СТ-4; выбором способа проведения цементационных работ; подбором модели для расчета крепи тоннеля; обоснования расчетной крепи тоннеля СТ-4; геотехнического мониторинга гидротехнического тоннеля СТ-4.

**Практическая значимость** работы заключается:

- в выборе конструкций тоннеля обеспечивающих защиту от разрушений при минимальных дополнительных затратах и времени на ремонт;

- в применении в учебном процессе в высших учебных заведениях и университетах, при чтении лекций и на практических занятиях, а также при проведении лабораторных и полевых работ для студентов по специальным курсам: «Шахтное и подземное строительство», «Основы горного дела», «Технология проведения буровзрывных способов», «Механика горных пород и горное давление», «Специальные способы строительства подземных сооружений», Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими для студентов по специальностями – «Шахтное и подземное строительство» и «Строительство и эксплуатация гидроэлектростанций» и другие.

## ANNOTATION

on the abstract of the dissertation of Nuralizoda Mukhiddin Nurali on the theme: “**Influence of engineering-geological factors on the stress-strain state of the hydro-technical tunnel ST-4 of Rogun HPP**”, submitted for the degree of Candidate of Technical Sciences on the specialty 2.1. Geology, geodesy, hydrology, construction, architecture (2.1.8. Hydraulic engineering).

**Key words:** deformation, settlement, geology, stress-strain state, rock mass, tectonics, excavations, supports, hydro-technical tunnels

The object of the thesis research is the hydro-technical tunnel ST-4 of the Rogun HPP.

The purpose of the thesis work is to **study the** influence of engineering-geological factors (lithological differences, geomechanical and geotechnical parameters) on the stress-strain state of the hydro-technical tunnel ST-4 and the development of recommendations for the selection of fastening structures ensuring the stability of the structure.

**Scientific novelty of the study:**

- Identification of the geological causes of influences on the destruction and stability of the host rock massifs of the hydro-technical tunnel ST-4 of the Rogun HPP. Determination of the direction of the main minimum and maximum stress on the basis of special studies in large underground excavations;

- numerical modeling of the stress-strain state of the hydraulic tunnel and development of recommendations on the selection of the bearing structure using anchor bolts reinforcing shotcrete 10cm thick;

- in the development of recommendations on the selection of rock support types, including their basic elements, for different parts of the ST-4 tunnel, taking into account the actual tunnel geometry and geological conditions;

- development of the monitoring system, establishment of the number of observation stations, types of control and measuring devices and observation program for the ST-4 hydro-technical tunnel.

**Theoretical significance of the dissertation work consists** in solving problems related to engineering-geological mapping of tunnels located near the investigated tunnel ST-4; selection of the method of grouting works; selection of the model for calculating the tunnel support; justification of the calculated support of the tunnel ST-4; geotechnical monitoring of the hydro-technical tunnel ST-4.

**Practical significance of the work is:**

- in the choice of tunnel structures providing against earthquake damage and the possibility of their further protection of operation with minimal additional costs and time for repair;

- application in the educational process in higher educational institutions and universities, in lectures and practical classes, as well as in laboratory and field work for students in special courses: “Mine and underground construction”, ‘Fundamentals of mining’, ‘Technology of drilling and blasting methods’, ‘Rock mechanics and rock pressure’, ‘Special methods of construction of underground structures’, Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi for students on specialties - ‘Mine and underground construction’ and ‘Construction and operation of hydroelectric power plants’ and others.

Подписано к печати \_\_\_\_\_.2026 г.

Формат 60x80/16. Гарнитураи Times Nev Roman

Бумага офсетная. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ТТУ имени академика М.С.Осими  
г.Душанбе, 734042, проспект академиков Раджабовых, 10а

Ба чоп \_\_\_\_\_. 2026 с. ичозат дода шуд.

Андозаи 60x84/16. Гарнитураи Times Nev Roman

Қоғази оғсеттӣ. Теъдоди нашр 100 нусха

Нашриёти ДТТ ба номи академик М.С. Осими  
ш. Душанбе, 734032, хиёбони академик Раҷабовҳло, 10а