

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
НАУК ТАДЖИКИСТАНА**

**Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии**

*На правах рукописи*  
УДК 627.842.7:551.432 + 624.042.7 (282.255.123.11)



**ХОЛОВ Фазлиддин Аббосович**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ, ТЕКТОНИЧЕСКИХ  
И СЕЙСМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ НА НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КРЕПИ  
ПОДХОДНОГО ТОННЕЛЯ САСТ-5 РОГУНСКОЙ ГЭС**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.23.00 – Строительство и архитектура  
(05.23.07 - Гидротехническое строительство)

**Душанбе - 2025**

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

**Научный руководитель:** доктор технических наук, и.о. профессор  
**Хасанзода Нурали Мамед**

**Официальные  
оппоненты:**

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

**Обиджони Шахобиддини Куватзода**  
кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры гидротехническое строительство и общетехнические дисциплины Института энергетики Таджикистана

**Ведущая организация:** Таджикский аграрный университет имени Ш. Шохтемур

Защита состоится **05 февраля 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: 734042, г.Душанбе, ул. Бофанд, 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 «05» января 2026 года.

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



**Шаймурадов Ф.И.**

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы диссертации.** В Послании Президента Республики Таджикистан, уважаемого Эмомали Рахмона об основных направлениях внутренней и внешней политики нашей родины от 28.12.2024 сказано, что начиная с мая 2027 года за счет производства электроэнергии на Рогунской гидроэлектростанции и цикла гидроэлектростанций на реке Вахш дефицит электроэнергии в стране будет полностью устранен, и Таджикистан добьется абсолютной энергетической независимости.

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

Гидротехнические объекты Рогунской ГЭС являются основной и главной частью, которая способствует как экономическому, так и социальному развитию нашей республики.

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод, что вопросы проектирования и строительства гидротехнических, водоотводных и водосбросных тоннелей обретают важную и исключительную значимость при введении этих объектов в высокогорных условиях, т.к. являются основными частями объектов. Следует отметить, что Рогунская ГЭС на сегодняшний день представляет собой стратегический объект, функция которого заключается в обеспечении энергетического направления, как по экономическому, так и по социальному развитию республики Таджикистан.

В горно-геологических условиях республики Таджикистан строительство гидроэлектростанций большой мощности и больших объемов водохранилищ требуют воздвигать плотины большой высоты, а также тоннели и подземные водоводы с большим сечением, которые воспринимают сильное воздействие давления напора, приводящее к увеличению нагрузок, предающихся на основные сооружения или их стены. С другой стороны, известно, что очень часто места строительства располагаются в сложных инженерно-геологических условиях, требующих значительное количество инженерно-геологических исследований. Цель этих изысканий заключается в определении всех необходимых физических и механических характеристик крупнообломочных и скальных пород и изучения их поведения при воздействии нагрузок и при влиянии водной среды одновременно. Наряду с этим во время строительства гидротехнических сооружений в горной местности разрабатывают ряд инженерных мероприятий, целью которых является укрепление и уплотнение скальных пород, которые залегают в зоне, окружающей выработки.

Актуальность представленной работы заключается в претворении полученных результатов работы исследований, проведенных современными методами и способами с использованием современных технологий по составлению геологического картирования исследуемого гидротехнического тоннеля, использование методов моделирования компьютерными технологиями, достижения хороших результатов.

Результаты анализа геологических условий гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС дали возможность исследовать их влияние на напряженно-деформированное состояние массива грунта, что дало возможность обосновать выбор трассы, установить место и выбрать оптимальный вариант способа его строительства.

**Степень изученности данной тематики.** В процессе работы над концепцией достройки Рогунской ГЭС были проанализированы все доступные материалы изысканий предыдущих лет, хранящиеся в архивах ОАО «Институт Гидропроект», ОАО «Рогунская ГЭС», ЦСГНЭО. Кроме того, для получения дополнительной информации, актуализации и пополнения данных долгосрочных исследований в 2009 году по программам и рекомендациям, разработанным в ОАО «Институт гидропроект», были выполнены дополнительные исследования. Следует отметить, что исследованиям по возведению тоннелей в сложных горно геологических условиях посвящены труды Экклестона Д., Мехинрада А., Гешмепура А., Солеймани М., Аскари М., Регли М., Гадоева Олим., Кабилова Ш., Мухаммадризо Зангане и др. В настоящее время, что данная тематика впервые отражена в докторской работе соискателя Холова Ф.А.

### **Связь темы диссертации с приоритетными направлениями развития науки, техники и технологии в республике.**

Исследования, послужившие основой докторской работы, связаны с научной тематикой Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ; «Стратегией Республики Таджикистан в области науки и технологий на 2016-2020 годы» (раздел «Строительство и строиндустрия»); «Программой реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы» (Постановление Правительства Республики Таджикистан от 30 декабря 2015 года, №791); и проблемой «Стройпрогресс-2030», по разделу «Строительство подземных гидротехнических сооружений» в разработке которых соискатель также принимал участие: (научно-исследовательская работа).

### **Общая характеристика исследования**

Детальные исследования для проектирования подходного тоннеля заключаются в проведении исследований работы крепи и материалов в различных инженерно-геологических условиях, а также для возведения временной крепи на основании коэффициента поддержки земляных работ (ESR). Анализ интерпретации геотехнических данных, физико-механических параметров горных пород, оценке геотехнических параметров и прочности природного массива или рекомендации и заключения по инженерно-геологическим и горно-механическим исследованиям и проектированию выемки и крепи подходного тоннеля САСТ-5 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 подходного тоннеля САСТ-5 в различных горных массивах. После этого представляются расчеты моделирования процесса земляных работ вместе с проектированием системы временной

крепи с использованием численного моделирования, применяемого для ожидаемых механизмов разрушения, которые будут преобладать во время земляных работ.

Для численного анализа горные массивы вокруг подходного тоннеля САСТ-5 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 для достижения экономичных, безопасных и стабильных решений.

**Целью диссертационной работы** является выявление воздействия гравитационных и тектонических усилий на напряженно-деформированное состояние гидротехнического тоннеля САСТ-5 от влияния сейсмических усилий и рекомендации систем скальной крепи, обеспечивающих устойчивость сооружения.

#### **Задачи исследования:**

1. Исследование теоретическими методами воздействия гравитационных, тектонических и сейсмических сил на напряженно-деформированное состояние в различных горных массивах в период проходки гидротехнического тоннеля САСТ-5.

2. Определение физико-механических параметров горных пород, залегающих на территории проектируемого гидротехнического тоннеля САСТ-5.

3. Моделирование процессов, протекающих при проведении проходческих работ, определение глубины сильнотрешиноватой зоны вокруг гидротехнического тоннеля и расчёт несущей способности временной крепи.

4. Исследование и изучение свойств сохранных пород и вмещающего массива, залегающих за пределами сильнотрешиноватой зоны проектируемого гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС.

**Объектом** диссертационного исследования является подходной гидротехнический тоннель САСТ-5 Рогунской ГЭС.

**Предметом** исследования является воздействие инженерно-геологических условий на напряженно-деформированное состояние подходного тоннеля и возможные деформации при воздействии сейсмических сил.

**Гипотеза исследования** заключается в том, что гравитационные, тектонические и сейсмические усилия в совокупности существенно изменяют напряжённо-деформированное состояние крепи подходного тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС, вызывая локальные концентрации напряжений и деформаций, что может снижать её устойчивость и требовать конструктивного усиления.

**Исследования проводились** в период с 2021 по 2025 год на объекте Рогунской ГЭС, в частности на гидротехническом тоннеле САСТ-5, и были направлены на анализ 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 подходного тоннеля САСТ-5.

**Информационная база диссертации** включает 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 сопровождении инженерно-геологических работ при строительстве объектов Рогунской ГЭС (2011) и требования к проектированию.

**Научная новизна исследований диссертационной работы включает в себя:**

- исследование геологических факторов, таких как Ионахшской разлом, литологические и геотехнические параметры горных пород, воздействующих на физико-механические параметры массива пород, залегающих вокруг гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС;

- численное моделирование напряженно-деформированного состояния гидротехнического тоннеля и разработка рекомендаций типов скальной крепи при проходке тоннеля САСТ-5 в различных горных массивах с использованием анкерных болтов;

- устойчивость гидротехнического тоннеля и несущей способности типов скальной крепи при воздействии сейсмических усилий интенсивностью от 8 до 9 баллов;

- рекомендации по выбору типов скальной крепи с использованием анкерных болтов и торкретбетона толщиной 10 см для различных частей гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС.

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

1. Геологические и геотехнические факторы, влияющие на физико-механические параметры сохранных пород, залегающих вокруг гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС.

2. Рекомендации типов скальной крепи на основе численного моделирования напряженно-деформированного состояния гидротехнического тоннеля при проходке с использованием анкерных болтов и торкретбетоном толщиной 10 см.

3. Анализ устойчивости гидротехнического тоннеля САСТ-5 и несущей способности типов скальной крепи при сейсмических усилиях 8-9 баллов.

**Теоретическая значимость диссертационной работы заключается** в решении задач, связанных с инженерно-геологическим картированием тоннелей, расположенных в непосредственной близости исследуемого тоннеля САСТ-5; в выборе способа проведения укрепительных работ; в подборе модели для расчета крепи тоннеля; в обосновании расчетной крепи тоннеля САСТ-5.

#### **Практическая значимость** работы заключается в:

- в обеспечении защиты крепи тоннеля от разрушений при землетрясениях и возможности их дальнейшей эксплуатации при минимальных дополнительных затратах и времени на ремонт (*Акт внедрения*);

- при составлении комплексной целевой программы по достижению мирового технического уровня в транспортном строительстве на 2019-2021 годы и на период до 2030 года, а также по проблеме «Стройпрогресс-2030», по разделу «Строительство подземных гидротехнических сооружений»;

- результаты исследований могут быть применены 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 «Гидротехнические сооружения», «Шахтное и подземное строительство», «Основы горного дела», «Технология 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** подтверждается 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, с использованием современного оборудования и приборов для испытания разработки подходного тоннеля Рогунской ГЭС.

#### **Соответствие специальности и названия темы паспорту специальности и содержанию диссертации.**

Диссертация соответствует положениям пунктов 3, 11 паспорта научной специальности 05.23.00 – Строительство и архитектура (05.23.07 - 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 воднотранспортных 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 05.23.07 - Гидротехническое строительство

**Личный вклад соискателя ученой степени в исследование:** Автором сформулированы цель и задачи исследований, намечены пути их теоретического и экспериментального решения; уточнены расчетные геотехнические параметры массива горных пород напряженно-деформированного состояния тоннеля под действием сейсмической нагрузки с определением основных параметров проходки подходного тоннеля.

**Апробация результатов.** Основные положения работы и полученные результаты были доложены и обсуждены на: МНПК: “Архитектурное

образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ (г. Душанбе, 2022 г); МНПК «Образование и наука: вызовы IV промышленной революции», посвященной 80-летию академика А. Куатбекова. Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова. (г. Шымкент, республика Казахстан, 2022 г.); МНТК. Джизакский политехнический институт. «Инновационные решения технических, инженерно-технологических задач производства» (Республика Узбекистан, 2022 г); РНПК «Перспектива развития производства строительных материалов в Республике Таджикистан» ТТУ (г. Душанбе, 2023 г); МНПК, «Водные ресурсы, инновация, ресурсо - и энергосбережение», 6-7 октября 2023 года, г. Душанбе, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана.

### **Публикации.**

Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 13 работах, в том числе в 6 статьях из перечня ведущих рецензируемых научных журналов ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

### **Наличие документов, подтверждающих применение научных исследований в производстве либо возможность их применения.**

Акт о внедрении научных результатов в производстве, утвержденный начальником технического отдела ОАО «ТГЭМ» Гадоевым О.Х.

По результатам исследований получен 1 малый патент 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 139 страниц, 84 рисунков, 27 таблиц, приложения, список использованной литературы -125 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТОННЕЛЕЙ РОГУНСКОЙ ГЭС**

**Во введении и общей характеристике работы** дается актуальность, цель и задачи работы, новизна, теоретическая и практическая результатов работы, а также вклад автора.

**В первой главе** сделан инженерный анализ условия строительных тоннелей и инженерно-геологическая характеристика массива горных пород

Рогунской ГЭС.

Согласно карте СР-64, построенной на основе материалов ОАО "Институт Гидропроект", Института сейсмологии и сейсмостойкого строительства Академии Наук Республики Таджикистан (ИССС АН РТ - ранее ТИССС) и Геофизической службы РАН (г. Обнинск), описываемая территория является сейсмогенной (карта ОСР-64) рисунок 1.

По величине удельного водопоглощения выделены 4 инженерно-геологические зоны, в которых значения удельного водопоглощения разнятся в целом на порядок: I – зона сильного выветривания и разгрузки, II – зона выветривания и разгрузки, III – зона разгрузки, IV – зона практически неизменных пород.

По характеру проявления экзогенных процессов, в результате проведенных работ территории расположения основных сооружений Рогунской ГЭС, а также примыкающие склоны и долины наиболее крупных притоков, состояние которых способно повлиять на условия строительства, можно разделить на следующие участки:

I. Высокие крутые склоны левого борта долины р. Вахш, ориентированные вдоль простирания основных складчатых структур. Примерно от устья сая Обиджушон до верхнего строительного моста;

II. Обрывистые склоны по обоим берегам реки, ориентированные вкрест простирания основных структур, на участке от пересечения Вахша Ионахшским разломом до поворота Вахша под прямым углом в направлении на юго-запад;

III. Правобережные склоны долины Вахша, сложенные породами Кирбичской синклинали от разлома № 367 до Ионахского (участок верховой перемычки).

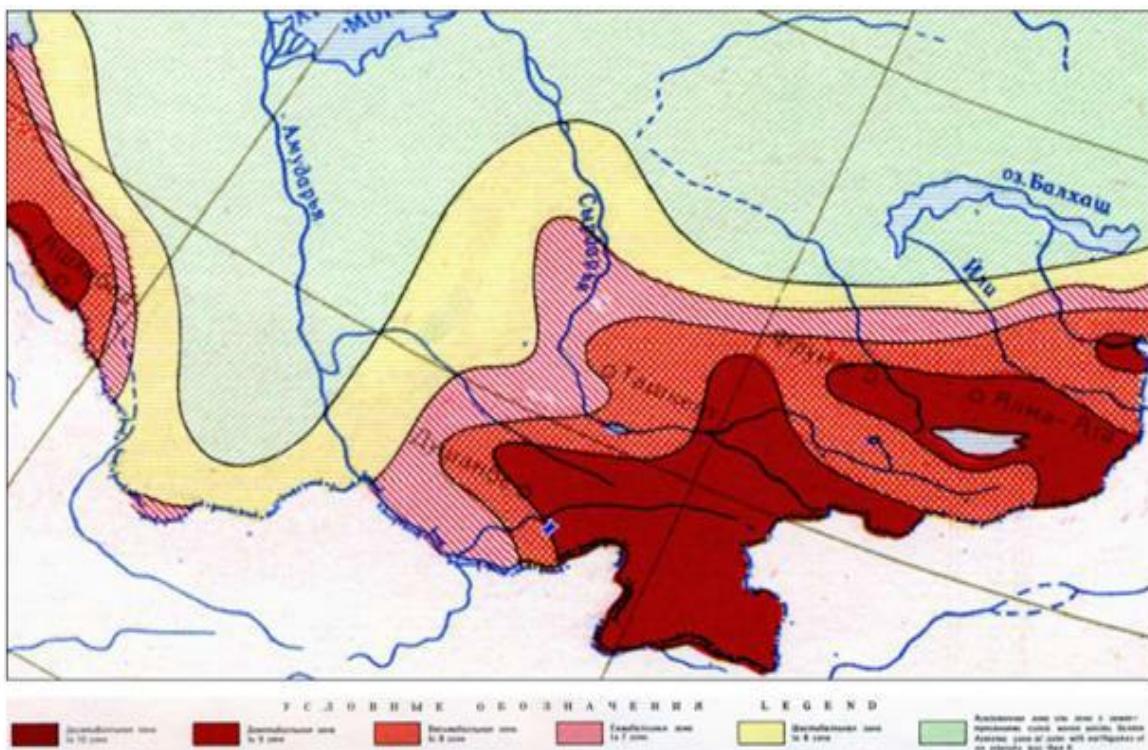


Рисунок 1. - Фрагмент карты ОСР-64

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

*Во второй главе* представлено подробное описание, проектируемого объекта гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС и место строительства объекта.

Подходной гидротехнический тоннель САСТ-5 предназначен для подключения верхнего бьефа СТ-5 на ПК01+00, при этом отметка лотка САСТ-5 составляет 1121,25 м на стыке с тоннелем ТМ5-А и 1150,77 м над уровнем моря, где она будет соединена с СТ-5.

САСТ-5 по протяженности составляет 372,41 м, поднимается вверх от соединения с тоннелем ТМ5-А к концу с уклоном 8,16% и характеризуется типовым поперечным сечением высотой 6,60 м и шириной 9,80м. Основные геометрические данные этого тоннеля приведены в таблице 1

Таблица 1- Основные геометрические данные САСТ-5

Геометрические данные тоннеля САСТ-5	Значение
Длина	≈372м
Отметка лотка на Ch. 00 + 00м	≈1121,25м н.у.м.
Отметка лотка на Ch. 03 + 64,35м	≈1150,77м н.у.м.
Высота	6,60 м
Ширина	9,80м

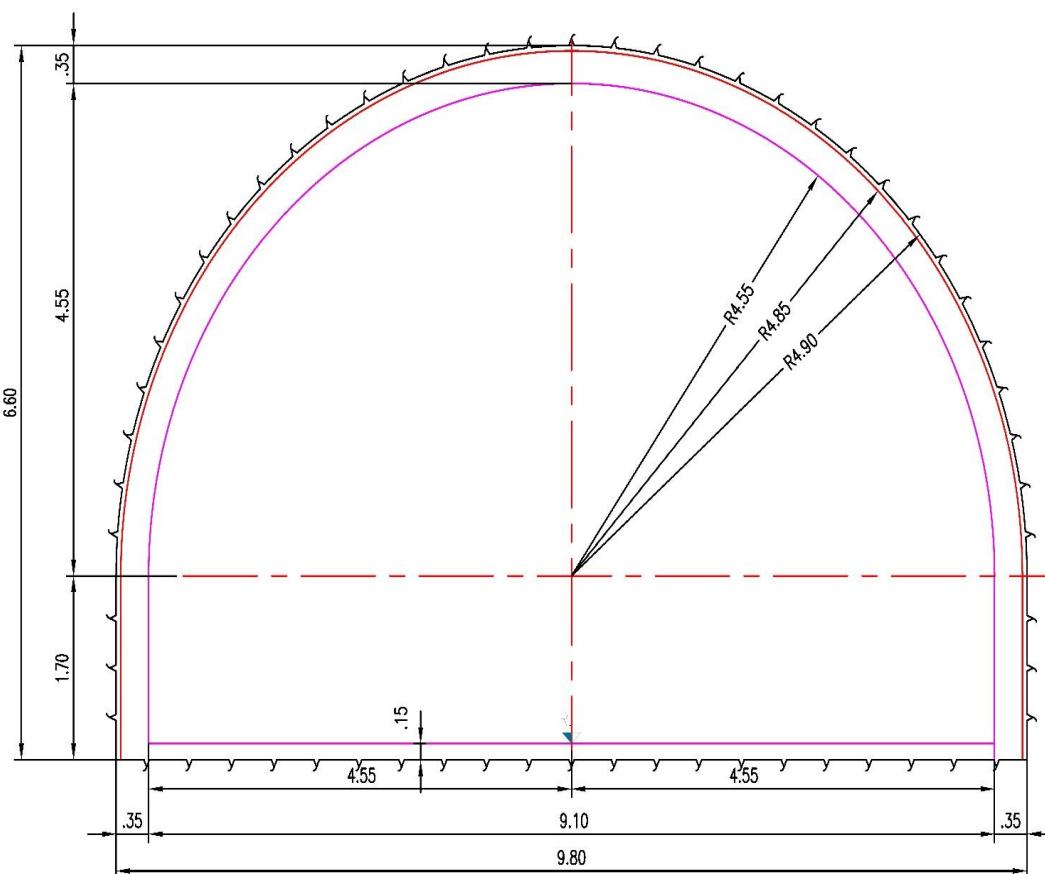
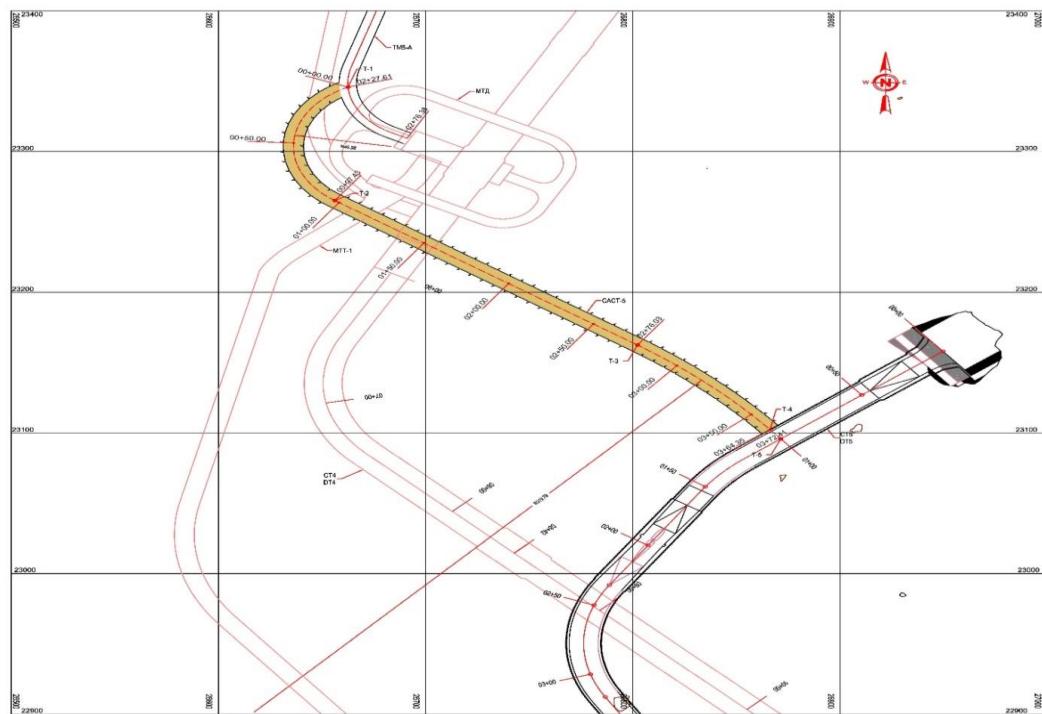


Рисунок 2: Типовое поперечное сечение САСТ-5

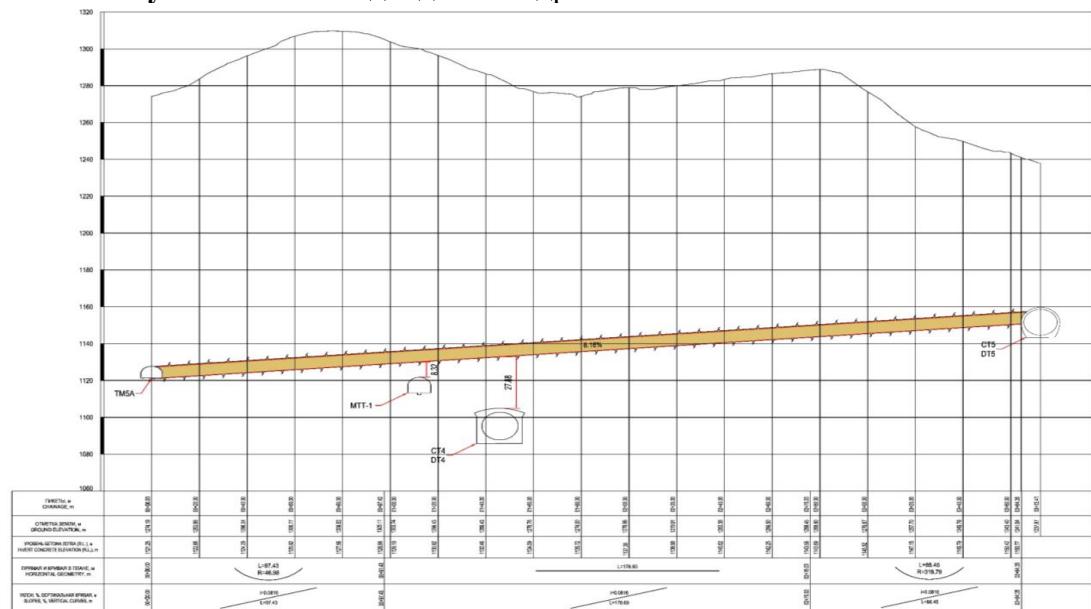
Задача исследования заключается в проведении работы, выполненных анализов или рекомендации и заключения по инженерно-геологическим и горно-механическим исследованиям и проектированию выемки и крепи гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС по расположению на правом берегу.

Гиротехнический тоннель САСТ-5 по протяженности составляет 372,41 м, поднимается вверх от соединения с тоннелем ТМ5-А к концу с уклоном 8,16% и характеризуется типовым поперечным сечением высотой 6,60м и шириной 9,80м. Основные геометрические данные этого тоннеля приведены в таблице 1.

План гидротехнического тоннеля САСТ-5 представлен на рисунке 3, а продольный профиль приведён на рисунке 4. Типовой поперечный разрез тоннеля САСТ-5 представлен на рисунке 2.



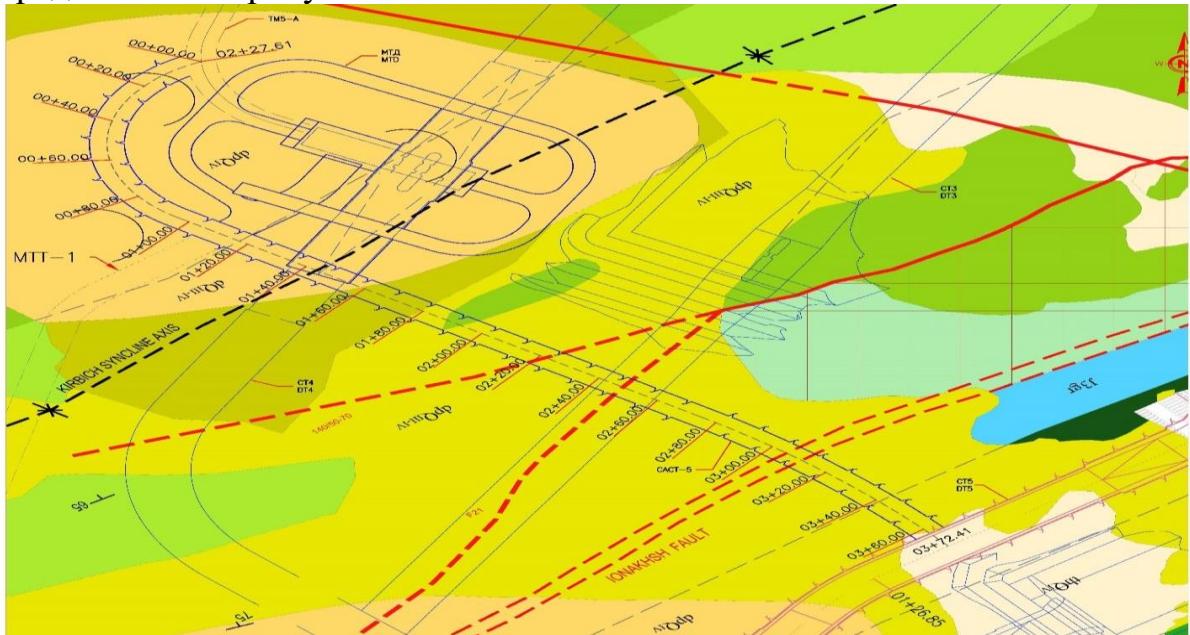
### **Рисунок 3. План подходного гидротехнического тоннеля САСТ-5**



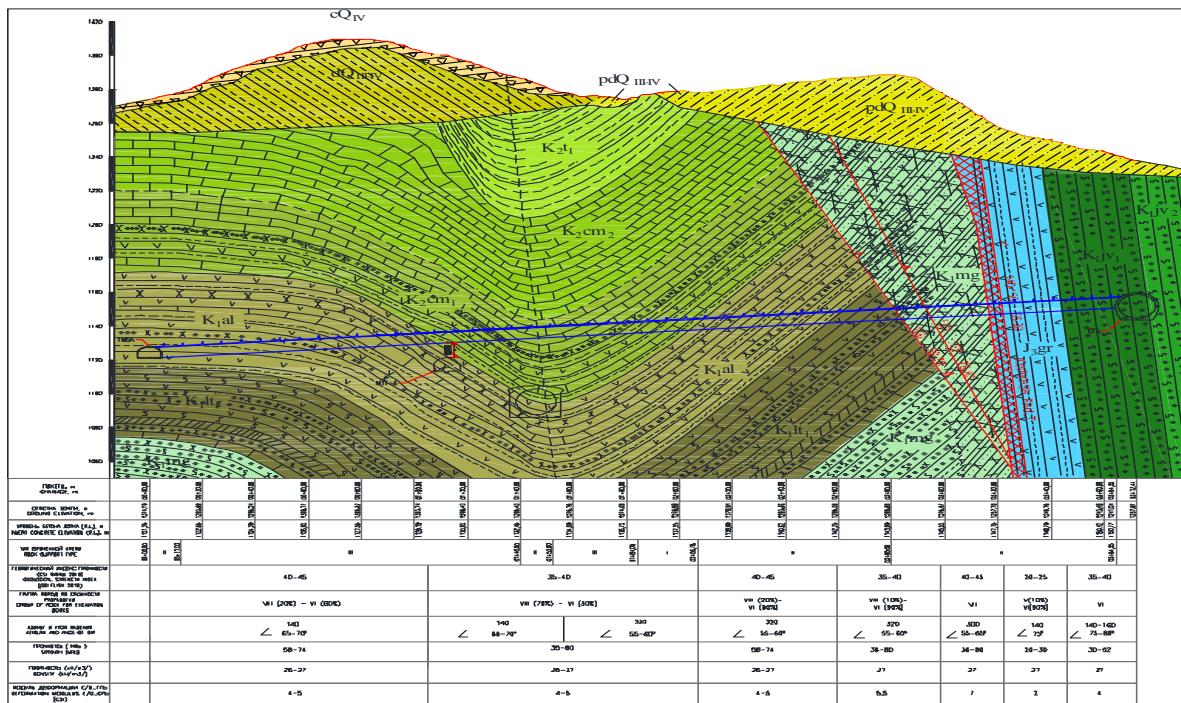
**Рисунок 4.** Продольный разрез гидротехнического тоннеля САСТ-5

Инженерно-литологический план и профиль гидротехнического тоннеля САСТ-5, а также физико-механические свойства ненарушенного массива породы, окружающей подходного гидротехнического проектируемого тоннеля, были изучены с использованием литологических и геотехнических данных объекта. Следует отметить, что основной вывод этих исследований заключается в том, что массив породы окружающего проектируемого тоннеля составляет некачественная горная порода.

Геологический план подходного гидротехнического тоннеля САСТ-5 приведён на рисунке 5, а ее геологический продольный профиль представлен на рисунке 6.



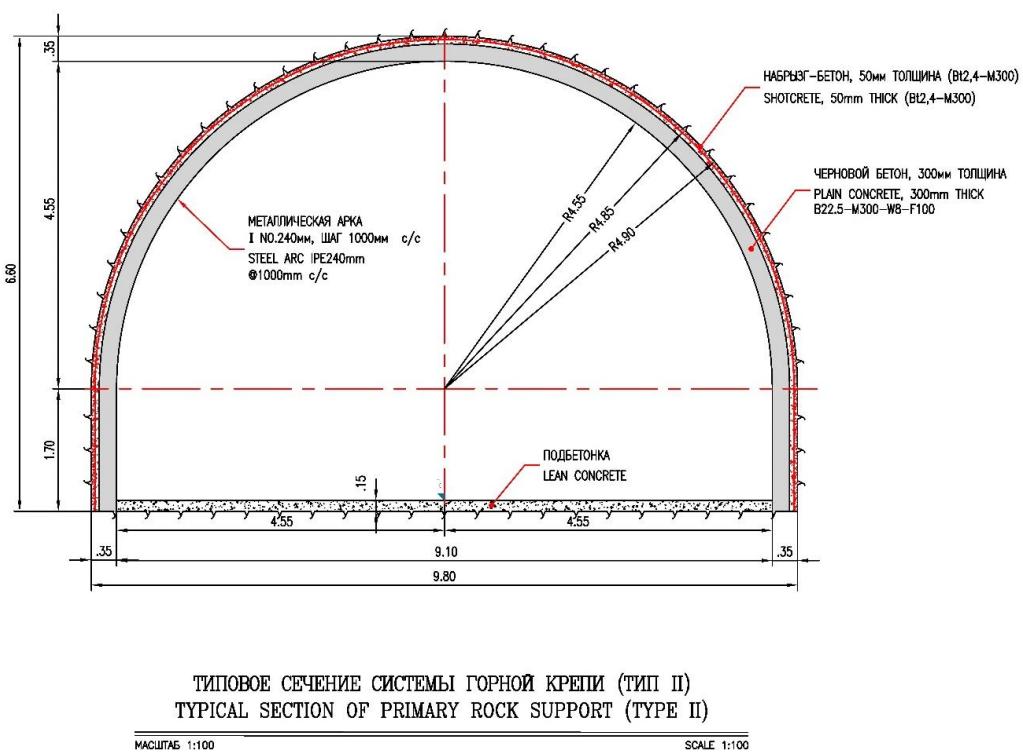
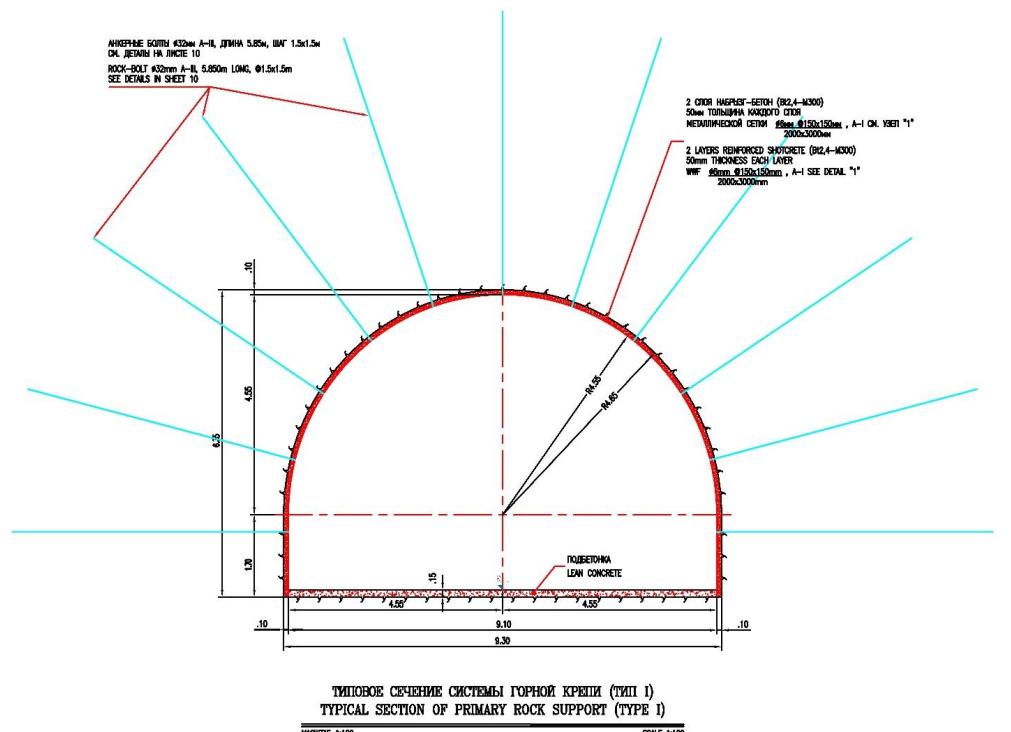
**Рисунок 5.** Геологический план подходного гидротехнического тоннеля САСТ-5



### **Рисунок 6. Геологический продольный разрез тоннеля САСТ-5**

Крепь породы состоит из стальных ребер и обычного бетона на этапе земляных работ и временного срока службы.

Классы скальной крепи были определены на основе имеющейся геотехнической информации по тоннелю САСТ-5 и могут в некоторой степени отличаться от фактических спецификаций массива горных пород. Следовательно, этот класс скальной крепи должен быть окончательно определен на основе фактических условий горных пород, наблюдаемых и оцениваемых инженером-геотехником, работающим над проектом.



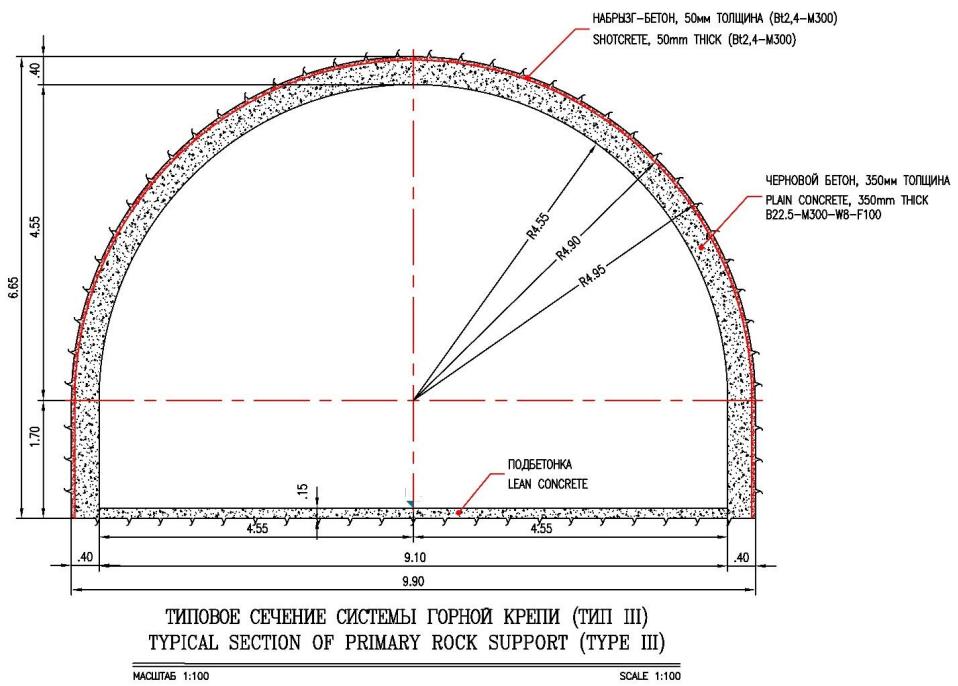


Рисунок 7: Д образное сечение типа I - II – III

### Глава 3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР МЕТОДОВ ПРОХОДКИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТОННЕЛЕЙ

**Третья глава** посвящена факторам, влияющим на выбор метода проходки гидротехнических тоннелей.

Следует отметить, что одним из наиболее эффективных способов укрепления грунтов в скальных породах при строительстве тоннелей в сложных геологических и гидрогеологических условиях является метод предварительной инъекции, который в последнее время получил за рубежом и у нас в республике довольно широкое применение. Этот метод представляет интерес и для строительства тоннелей в сложных горно-геологических условиях республики.

При исследовании напряжений в скале подземных сооружений Рогунской ГЭС применялись геофизические и геомеханические методы на одних и тех же участках массива. В качестве геофизических использовались методы сейсмического профилирования и просвечивания, сейсмического и ультразвукового каротажа, а в качестве геомеханических, в основном метод прессиометрии.

Расчетные характеристики свойств алевролитов и песчаников, залегающих на участке машинного зала и трансформаторного помещения, получены на основе обобщения результатов комплексных исследований. Эти характеристики как прочностные, так и деформационные при расчетах напряженно-деформированного состояния системы «подземные выработки-вмещающей массив» могут корректироваться с целью наилучшего соответствия результатов расчетов данным натурных наблюдений за смещением скального массива.

Таблица 2. Рекомендуемые расчетные характеристики пород и массив на участке подземного машинного зала Рогунской ГЭС

Породы	Зона массива	Свойства в образце			Свойства в массиве					
		$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$R_c$ МПа	$P_p$ МПа	E МПа	$E_\epsilon$ МПа	$\mu$ (б/р)	$\varphi$ гра д	C МПа	$R_{p,t}$ МПа
Алевролиты $k_1ab_1$	Зона разгрузки	2,70	35	3,5	3000	2300	0,33	37	0,5	0,3
	Относительно сохранившаяся зона	2,72	50	5	5500	4000	0,28	45	1,2	0,8
Песчаник $k_1ab_2$	Зона разгрузки	2,62	70	6	5000	4100	0,3	42	1,0	0,6
	Относительно сохранившаяся зона	2,64	90	8	9000	7800	0,22	55	2,0	1,0

В практике тоннелестроения предварительное укрепление пород в большинстве случаев осуществляют через скважины, пробуренные непосредственно из тоннеля. Из забоя тоннеля бурят опережающие скважины под небольшим углом к его оси (рисунок 8). В результате инъекции растворов под давлением происходит укрепление окружающих пород, а дальнейшая проходка тоннеля осуществляется в упрочненной породе.

В скальных горных породах применение способа контурного взрывания дает возможность избежать нарушений за пределами проектного контура, обеспечить возможность более крутых и устойчивых откосов уступов и выемки, уменьшить трудоемкость работ по основанию и откосам, а также уменьшить переборы и увеличить устойчивость законтурной толщи горных пород.

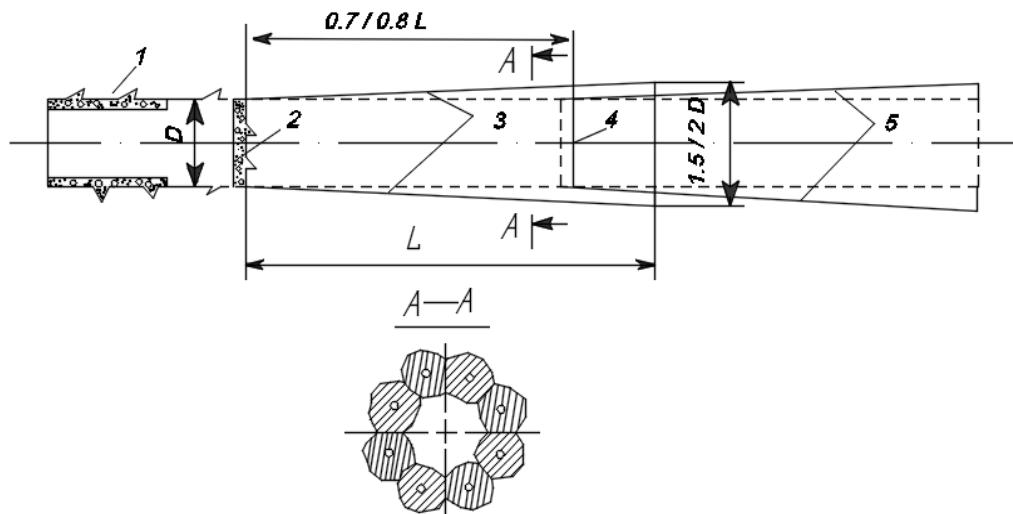
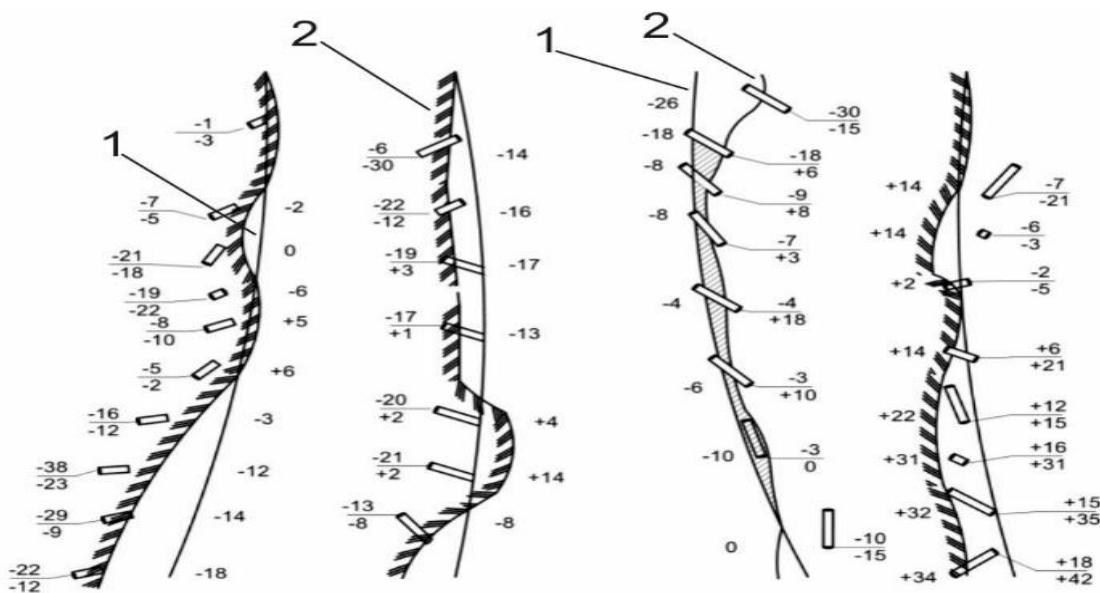


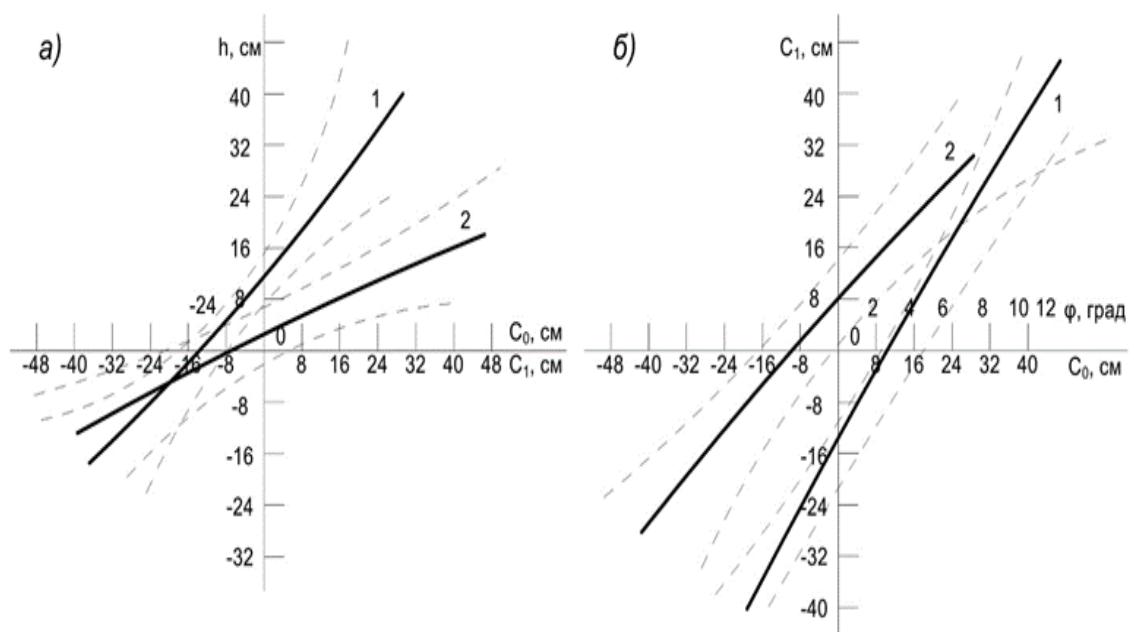
Рисунок 8. Схема опережающей инъекции

1 — бетонная обделка; 2 — бетонная стенка в забое; 3 — опережающие инъекционные скважины; 4 — положение следующего забоя; 5 — опережающие скважины следующего забоя.

Использования способа контурного взрывания при проходке подземных горных выработок обуславливает повышение технических требований к точности оконтуривания и качеству вновь образованной контурной поверхности, показатели которых (закономерные переборы и шероховатость поверхности выработанного пространства) определяются точностью исполнения проектного паспорта буровзрывных работ (БВР).



**Рисунок 9.** Результаты забойных измерений параметров контурных шпуров:  
1 – линия проектного контура выработки, 2 – фактический контур, числитель – отклонения устья шпера, заменитель – отклонение шпурового дна от линии проектного контура выработки



**Рисунок 10.** Изменение закономерных переборов  $h$  в зависимости от величины отклонения:

а) 1 – устья шпера  $C_0$ , 2 – шпурового дна  $C_1$ , от проектного контура выработки (а) и зависимость отклонений шпурового дна  $C_1$ ; б) 1 – угла наклона контурных шпуров  $\phi$ , 2 – величины отклонения устья шпера  $C_0$  от проектного контура выработки (б). (сплошные –

линии регрессии, штриховые – границы доверительной зоны с вероятностью 0.99 для соответствующих линий регрессии).

## ГЛАВА 4. РАСЧЕТ НДС ТОННЕЛЯ САСТ-5 МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ

**Четвертая глава** посвящена вопросам анализа и обобщения результатов расчета моделирования гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской гидроэлектростанции.

Для проектирования системы скальной крепи подходного тоннеля САСТ-5 на третьем этапе было реализовано численное моделирование подземной разработки для анализа напряжения после выемки грунта и установки системы скальной крепи. Чем более точные геологические и горно-механические параметры будут введены в качестве вводных данных в программу, тем надежней будут полученные результаты. Однако, выполнить точное моделирование грунтовых условий обычно очень сложно или даже невозможно, поэтому необходимо использовать некоторые упрощенные предположения при анализе.

При численном анализе тоннеля САСТ-5 учитывались следующие общие предположения и критерии:

- горные массивы представляют собой сплошную среду и ведут себя как упругопластический материал;
- условие плоской деформации действительно для 2D-анализа;
- к горным массивам применим критерий разрушения Хука и Брауна;
- внешние границы моделей рассматривались на расстоянии более трех диаметров тоннеля;
- неармированный торкретбетон толщиной 5 см, который необходимо выполнить перед установкой стальных ребер, предназначен для обеспечения безопасности и не учитывается в моделях КЭ;
- стальное ребро вместе с обычным бетоном моделируется как железобетон. Свойства обычного бетона С25/30 и стальных ребер IPE240 представлены в таблице 3.

Таблица 3. -Свойства двутавровой балки используемых в САСТ-5

Параметры	Значения/Описание
№ профиля	IPE 240
Глубина сечения	240 мм
Площадь	3910 мм <sup>2</sup>
Момент инерции	$38,9 \times 10^6$ мм <sup>4</sup>
Модуль упругости (Es)	210 000 МПа
Предел прочности	240 МПа
Марка стали	AIII
Масса	30,7 кг/м

Обычный бетон моделируется как неармированный бетон. Свойства обычного бетона С25/30 представлены в таблице 4.

Таблица 4. Свойства бетона для использования в САСТ-5

Параметры	Значения/Описание
	C25/30
Характеристическое значение прочности цилиндрического образца бетона на	$f_{ck} = 25$ МПа
Характеристическое значение прочности цилиндрического бетона на растяжение	$f_{ctk} = 3.1$ МПа
Модуль Юнга	23500 МПа
коэффициент Пуассона	0,2
Единица измерения	24,5 кН/м <sup>3</sup>

В качестве армированного торкретбетона моделируется армированный торкретбетон толщиной 10 см, 1 слой проволочной сетки Ф6 мм и анкерные болты Ø32 мм L=5,85 м. Свойства армированного торкретбетона представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5.- Свойства торкретбетона для использования в САСТ-5

Параметры	Значения/Описание
	C25/30
Характеристическое значение прочности цилиндрического образца бетона на сжатие	$f_{ck} = 25$ МПа
Характеристическое значение прочности цилиндрического бетона на растяжение	$f_{ctk} = 3.1$ МПа
Модуль Юнга	23500 МПа
коэффициент Пуассона	0,2
Единица измерения	24 кН/м <sup>3</sup>

Таблица 6. -Свойства сетки, используемые в САСТ-5

Параметры	Значения/Описание
Диаметр и расстояние (мм)	6@150 × 150& 6@100 × 100
Модуль упругости (Es)	210 000 МПа
Предел прочности	240 МПа
Марка стали	AIII

Материалы выбираются на основе стандартов ASTM и ACI. Кроме того, использовалась информация, приведенная в отчетах TEAS и отчетах Stucky.

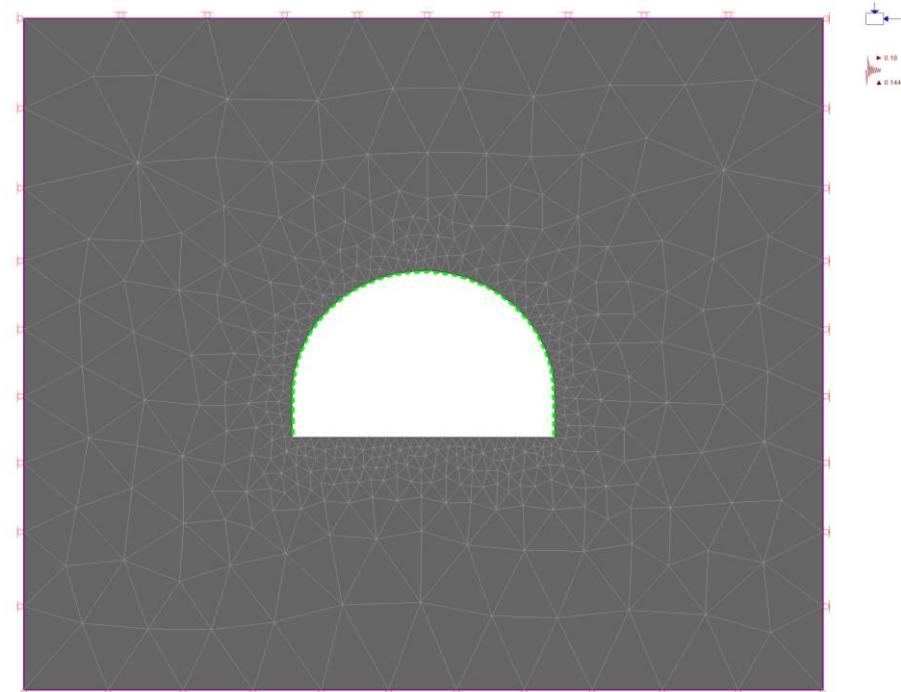
В процессе моделирования уточнено напряженно-деформированное состояние тоннеля, а также временной крепи горных пород для потенциально неустойчивых клиньев и рекомендуемые типы скальной крепи, которые можно использовать при проектировании гидротехнических сооружений.

Что касается геологических и геометрических условий вдоль тоннеля САСТ-5, то для анализа напряжений были рассмотрены четыре модели конечных элементов.

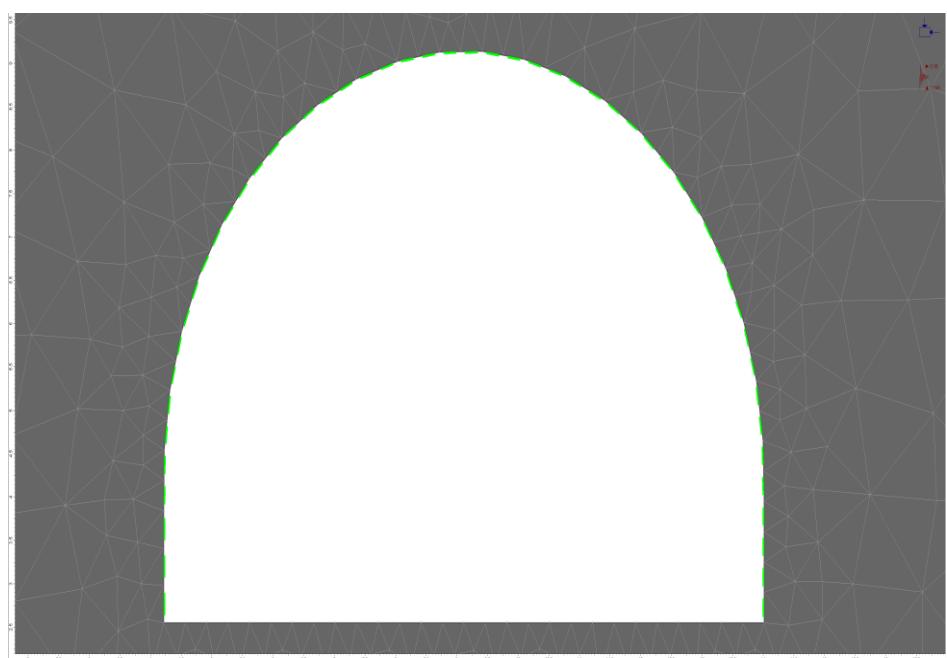
Модель создана для разреза 1 САСТ-5 от ПК 00+12 до ПК 01+10, где установлена система скальной крепи типа III, включающая

неармированный бетон. После проходки и установки скальной крепи для разреза 1 в этом участке модели размеры гидротехнического тоннеля САСТ-4 составляют 6,10м по высоте и 9,10м по ширине. Этот участок находится в геологических условиях верхнего позднего сеномана ( $K_1a_1$ ), которые состоят из известняков, сланцев и красных горных пород. Также имеются толщи аргиллитов и гипсовые слои.

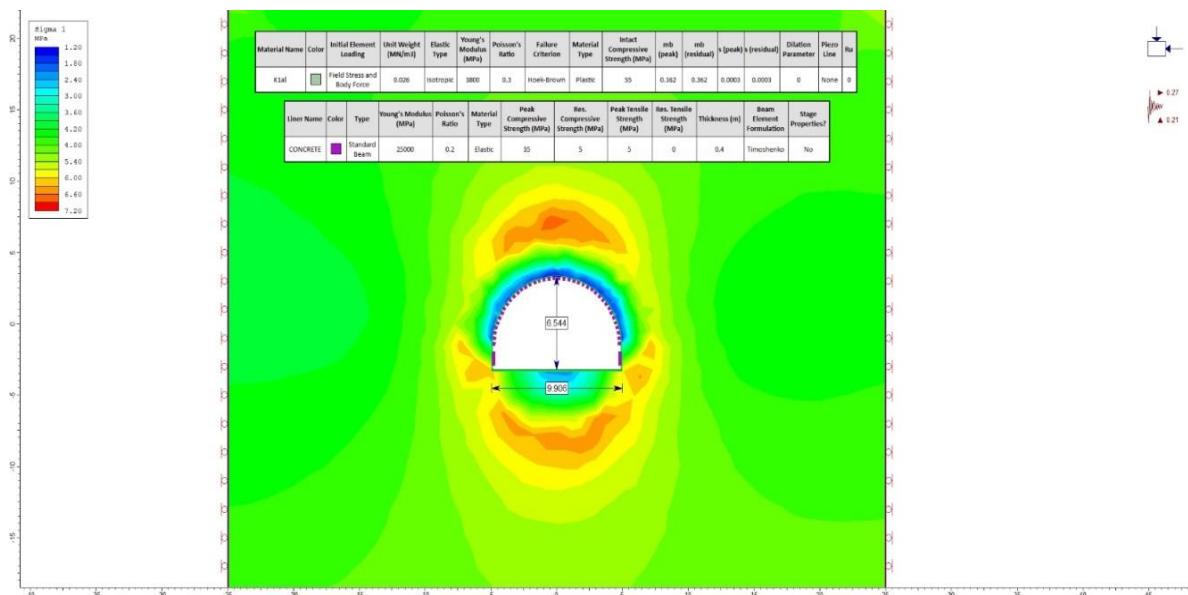
Вокруг проектируемого гидротехнического тоннеля модели горных массивов  $K_1a_1$  были смоделированы как упругопластические материалы. Следует отметить, что прочностные параметры в пластическом режиме начинают снижаться.



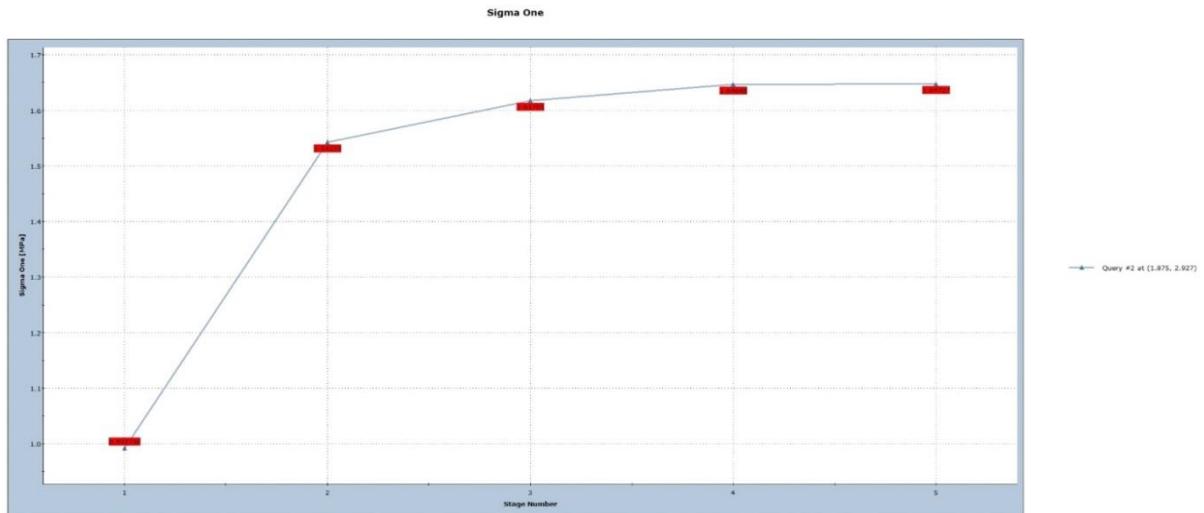
**Рисунок 11:** ТИП-IIIа Общий вид КЭ модели САСТ-5 на разрезе I  
(ПК 00+12~ ПК 01+10) на этапе 5



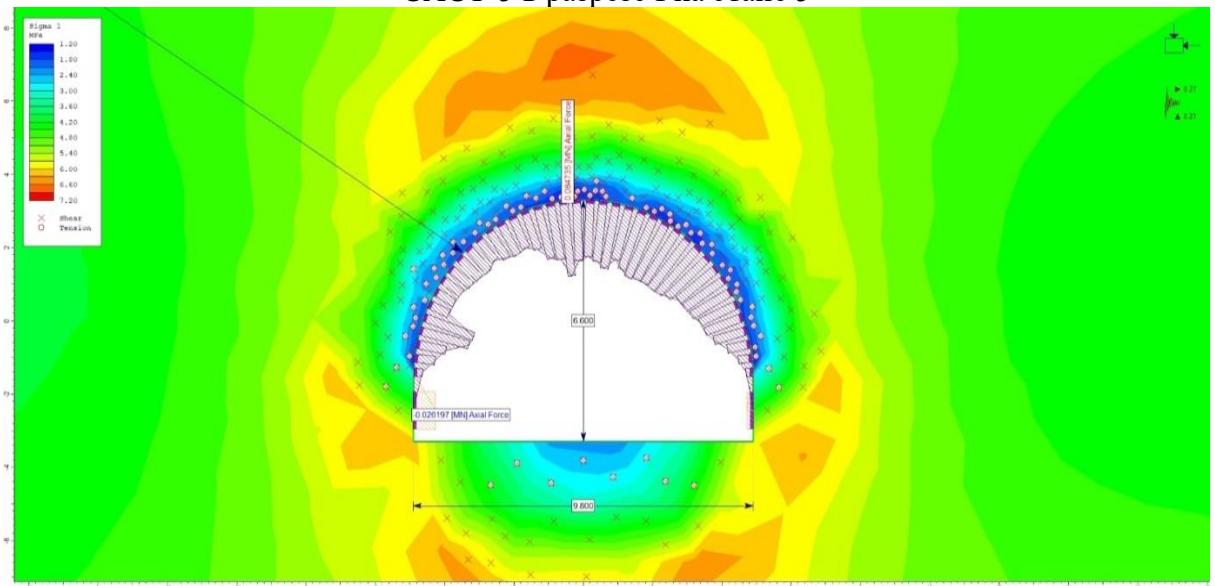
**Рисунок 12:** ТИП-IIIа Общий вид КЭ модели САСТ-5 на разрезе I  
(ПК 00+12~ ПК 01+10) на этапе 5



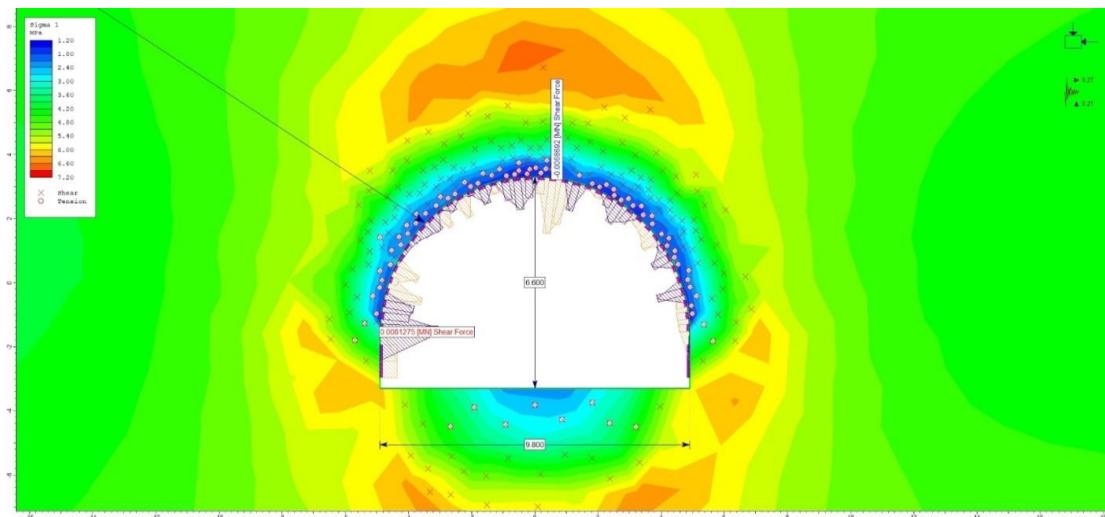
**Рисунок 13:** Коэффициент прочности и осевые усилия тоннеля САСТ-5 (неармированный бетон) в разрезе I на этапе 5



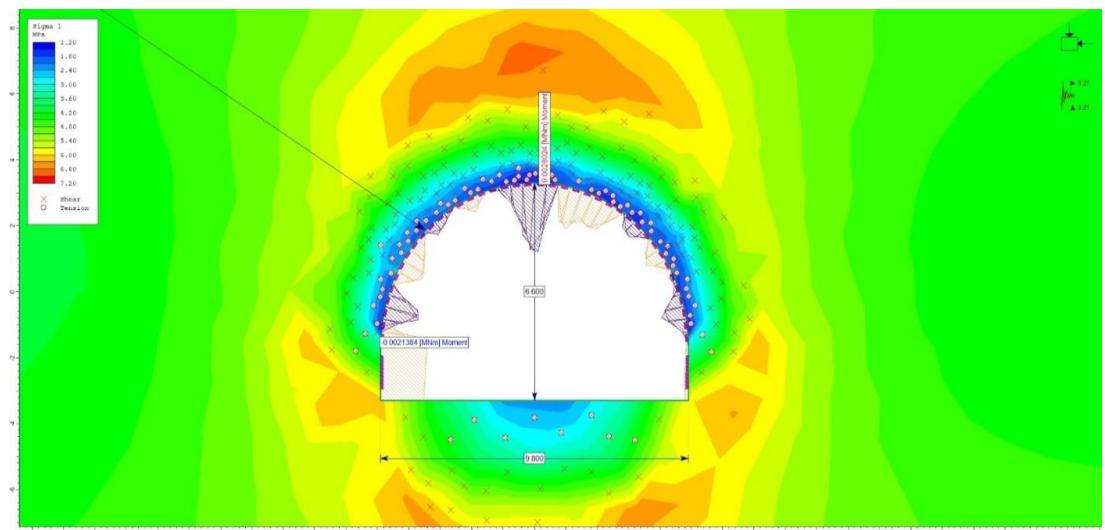
**Рисунок 14:** Sigma 1 и элементы текучести вокруг обделки (неармированный бетон) САСТ-5 в разрезе I на этапе 5



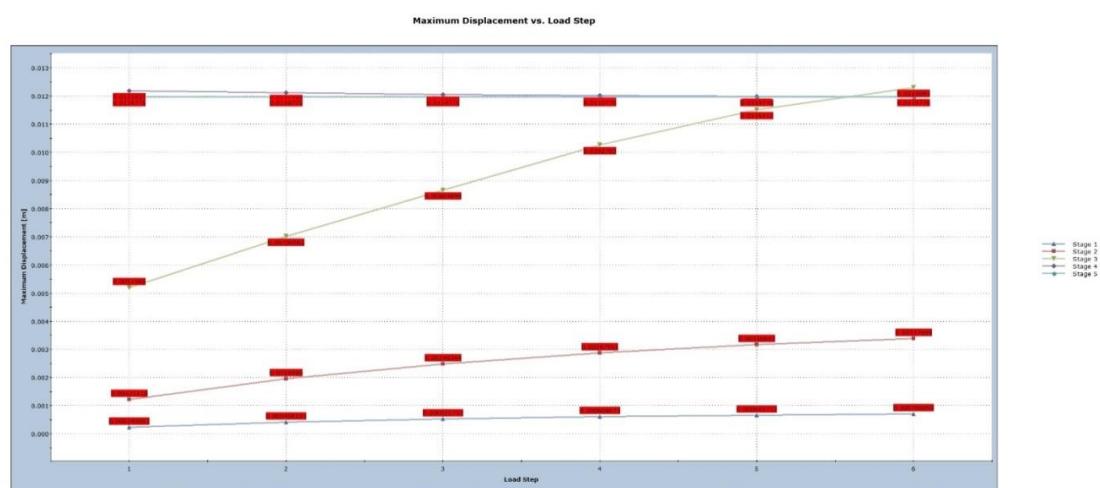
**Рисунок 15:** Осевая сила (неармированный бетон) САСТ-5 в разрезе I на этапе 5



**Рисунок 16:** Сдвигающая сила (неармированный бетон) САСТ-5  
в разрезе I на этапе 5



**Рисунок 17:** Момент (неармированный бетон) САСТ-5 в разрезе I на этапе 5



**Рисунки 18:** Смещение (неармированный бетон толщиной 35 см) САСТ-5  
в разрезе I.

На рисунке 11 показан общий вид КЭ модели САСТ-5 в разрезе 1 при активизации сейсмической нагрузки на этапе 5 ( $\text{PGA}_h = 0,18g$  и  $\text{PGA}_v = 0,144g$ ). Увеличенный вид КЭ модели этого разреза на этапе 5 показан на рисунке 12. Также на рисунке 13 приведен коэффициент прочности и крепи обделки бетона безарматурой с толщиной 35 см, на рисунке 14 показаны

Sigma 1 и элементы текучести вокруг тоннеля. Также на рисунке 15 показаны Sigma 3 и изгибающие моменты обделки, также можем отметить, что на рисунке 16 показаны общее смещение пород и сдвиг обделки в разрезе 1 на этапе 5, элементы текучести вокруг проектируемого тоннеля показаны на рисунке 17.

Несущая способность бетонной обделки представленного участка проходки показана на рисунке 18.

Результаты анализа напряжений показали, что конструкции крепи, разработанные для разреза 1, будут функционировать при различных статических нагрузках (этап 3). Также результаты псевдо-статического анализа этого участка показали, что при сейсмической нагрузке, эквивалентной 2/3 ОВЕ, устойчивость САСТ-5 на этом участке достигнута, и тоннель после такой нагрузки будет работоспособным.

Устойчивость скальных горных пород прямо зависит от трещиноватости (азимут и угол падения), в частности от пересечения систем трещин с напластованием массива грунтов.

При анализе данная программа комбинирует крупные системы трещин, которые предположительно могут образовать взаимное пересечение несплошностей, которые имеют малый запас прочности. По трассе тоннеля САСТ-5 разделен на 13 участков, которые характеризуются сходными структурно-литологическими условиями. При анализе структурных условий (в частности распространение трещин в массиве горных пород) комбинируются в основном трещины напластование с не более 2-мя системами трещин, при моделировании принято выбирать комбинации с минимальными запасами прочности.

В таблице 7 представлены рекомендуемые типы скальной крепи, которые состоят из различных литологических частей гидротехнического тоннеля САСТ-5 с учетом проходки тоннеля и фактического состояния Т-образного разветвления ТМ5-А.

**Таблица 7. -Описание типов скальной крепи, рекомендованных для САСТ-5**

Типы скальной крепи	Пикетаж	Ширина тоннеля после крепи	Торкрет-бетон	Стальная крепь	Простой неармированный бетон
I	1+84,06~ 2+06.78	9.10м	10 см	Сетка проволочная Ф6мм Анкер Ф32мм D=5,85 м	-
II	0+08.00~ 0+12.00 2+98,51 ~ 3+64,35	9.10м	5 см	IPE240 мм, Шагом 1 м	C25/30, мин. толщина свод и стен 30 см.
III	0+12.00~ 1+84,06 2+06.78~ 2+98,51	9.10м	5 см	-	C25/30, мин толщина свод и стен 35 см.

Все анкера изготовлены из стали марки А-III (A400) диаметром 32 мм и полностью залиты путем инъектирования цементным раствором.

Для изменений сходимости в САСТ-5 предусмотрены несколько измерительных участков. Расположение геодезических знаков и подробные сведения о них будут определены на основании фактических геологических условий. Пикеты профилей для измерений сходимости не являются фиксированными, их предполагается использовать в тех местах, где ожидаются деформации, которые необходимо контролировать. Для блочных и сильно блочных горных массивов ожидаемые деформации будут порядка нескольких миллиметров, и измерения сходимости могут дать результаты, непригодные для интерпретации.

В местах расположения слабых зон или нарушенных горных массивов предлагается система измерения сходимости из 5 геодезических точек. Для чрезвычайно слабых горных массивов, предполагается использовать 5-7 геодезических точек. В любом случае, точки замера сходимости следует устанавливать сразу же после проходки, а измерения должны показывать, можно ли остановить деформацию за счет мер крепи породы. Если деформацию остановить невозможно, то следует рассмотреть дополнительные меры крепи породы согласно указаниям инженера-геотехника.

### **Заключение**

#### ***Основные научные результаты диссертации:***

1. Анализ устойчивости к гравитационным и сейсмическим воздействиям стабильности гидротехнического тоннеля САСТ-5 в проектировании скальной крепи был выполнен двумя различными методами: применение численного способа и метода клиньев [ 2-А, 3-А, 5-А, 11-А, 12-А].

2. Для контроля безопасности и устойчивости подземных работ, согласно новому австрийскому тоннельному методу (NATM), результаты исследований позволяют провести непрерывное наблюдение и мониторинг, которые являются неотъемлемой частью современного процесса и концепции подземных земляных работ [ 2-А, 4-А, 5-А, 8-А, 13-А, 14-А].

3. Результаты исследований показывают, что более эффективным является способ цементации с применением глинистогоцементных растворов. Под большим давлением нагнетаются цементные растворы, которые проникая в более слабые толщи слоя, обжимают массив породы и обеспечивают водонепроницаемость[ 1-А, 4-А, 6-А, 9-А,14-А ].

4. Также выявлено, что при применении метода качественной цементации с промывкой трещин горных пород уменьшается значительно деформируемость массива, также повышается модуль деформации и до некоторой степени сопротивляемость сдвига [ 1-А, 4-А, 6-А, 8-А, 9-А, 10-А, 14-А ].

5. Анализ и обработка инженерно-геологических условий по трассе тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС позволили уточнить расчетную сейсмичность в зависимости от свойств грунтов выделить конкретные участки с пикетной привязкой от 7 до 9 балльной сейсмичностью [ 2-А, 8-А, 10-А, 13-А ].

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

1. Предложено инженерно-геологическое картирование, для инженерной классификации горных массивов вдоль гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС.
2. Разработанный сборный вариант сейсмоустойчивых водопропускных конструкций в горных условиях на отметке больше двух тысяч метров, которые экономят до 20% строительных материалов.
3. При качественном выполнении цементации с промывкой трещин значительно уменьшается деформируемость массива, повышается модуль деформации и до некоторой степени сопротивляемость сдвигу.
4. Предлагаемый способ цементации рекомендуется для применения при строительстве гидротехнических тоннелей Рогунской ГЭС.

**Список литературы**

1. Рогунской ГЭС на реке Вахш. Подземный комплекс. Технический проект (гидропроект). Гидроспецпроект. -М.1980 г.
2. Негматуллаев С.Х. Карты эпицентров землетрясений Таджикистана за 2007-2015 гг. / С.Х. Негматуллаев // - Душанбе, 2015. - 196 с.
3. Исследование технико-экономической оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, Фаза II: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС (Анализ нагрузки деривационного тоннеля 1, включая неармированную облицовку), RP 46 Rev. A, 2013.
4. Stucky (2019) – Основание основной плотины -Геомеханические характеристики горных массивов. Отчет № 5430-4268 - S-0214-A-GL-B-GE-GT-012-A0.
5. Marchini S. Attraversamento di una zona di materia limoso-argilloso sotto pressione in una fase del lavoro di costruzione dell'impianto idroelettrico nel Mantaro in Peru. - «Nuovo Cantiere», 1975, № 3, - p. 36-40.
6. Ауэрбах В. М. Губенков Е.К и др. Проходка участка Гран-Сасского автодорожного тоннеля в сложных гидрогеологических условиях // - «Транспортное строительство», № 1. – 1977г.
7. Журнал. Энергетическое строительство за рубежом. №6(95). М. Энергия. 1977. 45с.

**Список опубликованных работ автора по теме диссертации**

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

- [1-А]. **Холов Ф.А.** Укрепительная цементация оснований плотин в гидротехнических сооружениях / А.Дж. Ятимов, Н.М. Хасанов, А.Х. Холов, М.Н.Хасанов //Политехнический Вестник №1, ТТУ, 2023. -С.176-183.
- [2-А]. **Холов Ф.А.** Воздействие инженерно-геологических условий на напряженно-деформированное состояние подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС /Ф.А. Холов // Вестник, ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №2. –С.154-159
- [3-А]. **Холов Ф.А.** Анализ результатов исследований напряжений, проявляющихся вокруг подземных выработок / А.Дж. Ятимов, Н.М. Хасанов, А.Х. Холов, М.Н.Хасанов // Вестник, ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия

геологических и технических наук 2023. №1. –С.151-158

[4-А]. **Холов Ф.А.** Проходка гидротехнических сооружений с предварительным укреплением методом инъекции /Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, М.М.Зувайдов// Политехнический Вестник №3, ТТУ, 2022. -С.108-115

[5-А]. **Холов Ф.А.** Результаты натурных измерений статических анализов и их оценки при проходке гидротехнических сооружений /Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, А.М.Алимардонов // Политехнический Вестник №4(60), ТТУ, 2022. -С.112-120

[6-А]. **Холов Ф.А.** Способы проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве / Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, С.А.Саидов // Вестник, ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2022. №3. –С. 85-93.

[7-А]. **Холов Ф.А.** Конструксия инишооти обгузаронанда /Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, М.Н.Хасанов// Нахуст патент № TJ 1417 от 25.08.2023 Конструксия инишооти обгузаронанда.

*Публикации в материалах научных конференций и в других зданиях:*

[8-А]. **Холов Ф.А.** 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.

[9-А]. **Холов Ф.А.** Улучшение свойств оснований плотин ГЭС с помощью цементации /Ф.А.Холов // Конференсия чумхуриявии илмӣ-амалии устодон, донишҷӯён, магистрантҳо ва аспирантону унвончӯён таҳти унвони «Дурнамои тараққиёти истеҳсоли масолеҳҳои соҳтмонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон», 31-уми марта соли 2023, ДТТ. Душанбе. –С.241-245.

[10-А]. **Холов Ф.А.** Влияние геологических и гидрогеологических условий на выбор трассы тоннеля /Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, А.Т. Медеуов // Международной научно-практической конференции: «Образование и наука: вызовы IV промышленной революции», посвященной 80-летию академика А. Куатбекова. 13 мая. 2022 г. Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова. РК.

[11-А]. **Холов Ф.А.** Напряженное состояние грунтового массива в естественном залегании и при воздействии сейсмических нагрузок /Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, А.М. Алимардонов // МНТК. Джизакский политехнический институт. 28-29 октября 2022 г. РУ. «Инновационные решения технических, инженерно-технологических задач производства». – С.336-341.

[12-А]. **Холов Ф.А.** Влияние массовых сейсмических взрывов на устойчивость гидротехнических сооружений /Ф.А.Холов, М.А.Сулаймонова // МНПК: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ. 22 ноября. 2022. Душанбе. –С.248-252.

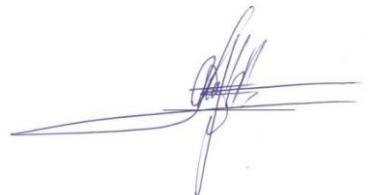
[13-А]. **Холов Ф.А.** Геологические факторы влияющих на устойчивость гидротехнических тоннелей /Ф.А.Холов, А.Дж. Ятимов, А.М.Алимардонов//

МНПК: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ. 22 ноября. 2022. Душанбе. –С.285-288.

[14-А]. **Холов Ф.А.** Опыт проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве /Ф.А.Холов, А.Дж. Ятимов, С.А.Сайдов// МНПК: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ. 2022. 22 ноября. Душанбе. –С.288-291.

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОЧИКИСТОН**  
**Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология**

*Бо хуқуки дастнавис*  
УДК 627.842.7:551.432 + 624.042.7 (282.255.123.11)



**Холов Фазлиддин Аббосович**

**ТАЪСИРИ ҚУВВАҲОИ ГРАВИТАЦИОНӢ, ТЕКТОНИКӢ ВА  
СЕЙСМИКӢ БА ҲОЛАТИ ШИДДАТНОКӢ-ДЕФОРМАЦИОНИИ  
ВАСЛШАВИИ НАҚБИ ЁРИАСОНИ САСТ-5-И НБО РОҒУН**

**АВТОРЕФЕРАТИ**  
диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии  
номзади илмҳои техникӣ аз руи ихтисоси  
05.23.00 – Соҳтмон ва меъморӣ  
(05.23.07 - Соҳтмони гидротехникӣ)

Душанбе - 2025

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

**Роҳбари илмӣ:**

доктори илмҳои техникӣ, и.в. профессор  
**Ҳасанзода Нурадӣ Мамед**

**Муқарризони расмӣ:**

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

**Обиджони Шаҳобиддин Қуватзода**, номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсенти кафедраи соҳтмони гидротехникий ва фанҳои умумитеҳникии Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон

**Муассисаи пешбар:**

Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шоҳтемур

Ҳимояи рисолаи номзадӣ санаи **05** феврали соли **2026** 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 диссертасия 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 санаи **«05»** **январи** соли **2026** тавзъе шудааст.

Котиби илмии  
Шурои диссертационии  
6D.KOA-059



Шаймурадов Ф.И.

## МУҚАДДИМА

**Мубрамии мавзуи таҳқиқот.** Дар Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон доир ба самтҳои асосии сиёсати дохиливу хориҷии мамлакат аз 28.12.2024 омадааст, ки моҳи майи соли 2027, аз ҳисоби истеҳсоли нерӯи барқ дар нерӯгоҳи барқи обии Роғун ва силсилаи нерӯгоҳҳои барқи обии дарёи Вахш норасои нерӯи барқ дар кишвар пурра бартараф карда мешавад ва Тоҷикистон ба истиқлолияти мутлақи энергетикӣ ноил мегардад.

Барои ноил шудан ба ин мақсадҳо дар мамлакат ҳаҷми соҳтмони иншооти гидротехникии дар дареи Вахш 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.

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

Ҳамин тариқ, ба ҳулосае омадан мумкин аст, ки масъалаҳои лоиҳакашиӣ ва соҳтмони нақбҳои гидротехникии обпартой ва обпағундорӣ ҳангоми бунёди ин иншоот дар шароити баландкуҳ аҳамияти муҳим ва истиснӣ пайдо мекунанд, зоро онҳо қисмҳои асосии иншоот мебошанд. Бояд қайд кард, ки НБО- Роғун имрӯз як объекти стратегӣ буда, вазифаи он таъмини самти энергетикӣ ҳам аз ҷиҳати рушди иқтисодӣ ва ҳам аз ҷиҳати иҷтимоии ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад.

Дар шароити кӯҳию геологии Ҷумҳурии Тоҷикистон соҳтмонӣ нерӯгоҳҳои барқи обии дорои иқтидори калон ва ҳаҷми зиёди обанборҳо бунёди сарбандҳои баландро талаб менамояд, инчунин нақбҳо ва обкашҳои зеризамини буришашон калон, ки таъсири фишори саҳтро қабул мекунанд ва боиси зиёд шудани бори ба иншооти асосӣ ё деворҳои онҳо додашуда мегардад. Аз тарафи дигар, маълум аст, ки бисёр вақт ҷойҳои соҳтмон дар шароити мураккаби муҳандисӣ-геологӣ ҷойгир карда мешаванд, ки шумораи зиёди таҳқиқоти муҳандисӣ-геологиро талаб мекунанд. Мақсади ин ҷустуҷӯҳо муайян кардани ҳамаи ҳусусиятҳои зарурии физикӣ ва механикии ҷинсҳои калону саҳра ва омӯзиши рафтори онҳо ҳангоми таъсири вазн ва таъсири муҳити обӣ дар як вақт мебошад. Дар баробари ин, ҳангоми соҳтмони иншооти гидротехникӣ дар минтақаи кӯҳӣ як қатор ҷорабинҳои муҳандисӣ таҳия карда мешаванд, ки ҳадафи онҳо мустаҳкам ва зич кардани ҷинсҳои саҳра дар минтақаи атрофи коркард шаванд ҷойгиршуда мебошад.

Мубрамии кори пешниҳодшуда аз татбиқи натиҷаҳои таҳқиқоти бо методҳо ва усуљҳои мусир гузаронидашуда бо истифода аз технологияҳои мусир оид ба таҳияи ҳаритасозии геологии нақби гидротехникии таҳқиқшаванда, истифодай усуљҳои моделсозии технологияҳои компютерӣ, ба даст овардани натиҷаҳои хуб иборат аст.

Натиҷаҳои таҳлили шароити геологии нақбҳои гидротехникии САСТ-5-и НБО-и Роғун имконият доданд, ки таъсири онҳо ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағйирии массаи хок омухта шуд, ки ин имкон дод, ки

интихоби коркарди нақб асоснок карда шавад, чой муқаррар карда шавад ва варианти оптималии усули соҳтмони он интихоб карда шавад.

**Дараҷаи таҳқиқи мавзуи илмӣ.** Дар рафти кор оид ба консепсияи ба итном расонидани НБО Рофун тамоми маводи таҳқиқотии солҳои қаблӣ, ки дар бойгонии ЧСК «Институти Гидропроект», ЧСК «НБО Рофун», МХМГСЭ нигоҳ дошта мешаванд, мавриди таҳлил қарор гирифтанд. Зиёда аз ин, барои ба даст овардани маълумоти иловагӣ, навсозӣ ва пур кардани маълумот аз таҳқиқоти тӯлонӣ дар соли 2009, тибқи барномаҳо ва тавсияҳои аз ҷониби Гидропроект таҳияшуда таҳқиқоти иловагӣ гузаронида шуданд. Маврид ба зикр аст, ки корҳои Экклестон Д., Мехинрад А., Гешмепур А., Сулеймонӣ М., Аскарӣ М., Регли М., Гадоев Олим, Қобилов Ш., Муҳаммадизо Занганий ва дигарон ба таҳқиқи соҳтмони нақбҳо дар шароити мураккаби кӯҳию геологӣ бахшида шудаанд. Айни замон, мавзуи мазкур бори нахуст дар кори диссертационии унвонҷӯ Холов Ф.А. инъикос ёфтааст.

**Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо ва мавзуъҳои илмӣ.** Таҳқиқоте, ки асоси кори диссертационӣ гардидаанд, ба мавзуъҳои илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон марбутанд, ки дар таҳияи онҳо унвонҷӯ низ иштирок кардааст: «Арзёбии зарурати ноил гардидан ба Ҳадафҳои Рушди Ҳазорсола (ҲРҲ) дар Тоҷикистон (2018-2028)»; «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм ва технология барои солҳои 2016-2020» (fasli «Соҳтмон ва саноати соҳтмон»); «Барномаи ислоҳоти соҳаи об дар Тоҷикистон барои солҳои 2016-2025».

### Тавсифи умумии таҳқиқот

Таҳқиқоти муфассали нақби лоиҳакашидашуда аз анҷом додани корҳо, таҳлилҳо ва ё тавсияҳо ва хуносаҳо оид ба таҳқиқоти муҳандисӣ-геологӣ ва кӯҳӣ-механикӣ ва тарҳрезии канҷакорӣ ва канҷани нақби ёрирасони САСТ-5 дар соҳили рости НБО-и Рофун иборат мебошанд. Пас аз таҳқиқи бузургиҳои ҷинсҳои вайроннашуда, қитъаҳои асосии гайрияқхлӯҳт ва арзёбии ҳолати масиви кӯҳҳо, системаҳои таснифоти муҳандисии масиви кӯҳҳо барои муайян кардани системаҳои асосии васлшавии муваққатии ҷинсҳои кӯҳӣ, ки дар вақти кофтани нақби ёрирасони САСТ-5 талаб карда мешаванд, дар масивҳои гуногуни кӯҳҳо истифода мешаванд. Пас аз он ҳисобҳои моделқунонии равандҳои кофтани замин дар якҷоягӣ бо лоиҳакашии васлшавии муваққатӣ бо истифода аз моделсозии ададӣ, ки барои механизмҳои вайроншавии интизорӣ, ки ҳангоми корҳои заминковӣ бартарӣ доранд, пешниҳод карда мешаванд.

Барои таҳлили ададӣ, масиви кӯҳҳои атрофи нақби ёрирасони САСТ-5 ҳамчун маводи ҷандирӣ-пластикӣ модел карда шуданд, ки бузургиҳои мустаҳкамии он дар ҳолати пластикӣ кам мешаванд. Илова бар ин, дар усули тарҳрезии ададӣ равандҳои кофтани грунт ва ҷинсҳои аввалия модел карда шуда, инчунин шартҳои пешбинишудаи васлшавии иловагӣ барои ноилшавӣ ба ҳалли иқтисодӣ, бехатарӣ ва устуворӣ тафтиш карда шуданд.

**Мақсади кори диссертатсия таҳияи методологияи ҳисоб намудани ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағирии нақби ёрирасони (САСТ-5)-и НБО-и**

Роғун зери таъсири қувваҳои сейсмикӣ ва тавсияҳо оид ба интихоби тарҳҳои ин иншоотҳо барои таъмини бехатарӣ мебошад.

### **Вазифазифаҳои таҳқиқот:**

1. Таҳқиқоти усулҳои назариявии таъсири қувваҳои гравитасионӣ, тектоникӣ ва сейсмикӣ ба ҳолати шиддатнокӣ- шаклтағирии гуногуни ҳангоми коркарди нақби гидротехникии САСТ-5.

2. Муайян намудани нишондиҳандаҳои физики-механикӣ ҷинсҳои кӯҳӣ дар ҳудуди нақби гидротехникии САСТ-5 тарҳрезишуда ҷойгиран.

3. Моделсозии равандҳое, ки ҳангоми корҳои нақбсозӣ ба амал меоянд, муайян кардани чуқурии минтақаи хеле шикастай атрофи нақби гидротехникӣ ва ҳисоб кардани қобилияти борбардории такягоҳи муваққатӣ.

4. Таҳқиқот ва омӯзиши ҳосиятҳои ҷинсҳои вайроннашуда ва масиви ҷинсҳое, ки берун аз нақби ёрирасони тарҳрезишаванди САСТ-5-и НБО Роғун ҷойгиранд.

**Объекти таҳқиқот** - нақби ёрирасони гидротехникии САСТ-5-и НБО-и Роғун мебошад.

**Предмети таҳқиқот** таъсири шароитҳои муҳандисию геологӣ ба ҳолати шиддатнокӣ- шаклтағирии нақби ёрирасон ва шаклтағириҳои эҳтимолӣ зери таъсири қувваҳои сейсмикӣ мебошад.

**Фарзияни таҳқиқот** аз арзёбии қувваҳои ҷозиба, тектоникӣ ва сейсмикӣ, ҳолати шиддат-шаклтағириёбии қабати нақби обартони САСТ-5 дар нерӯгоҳи барқи обии Роғунро ба таври назаррас тағиیر медиҳанд, боиси концентратсияҳои шиддатнокӣ ва фурунишинӣ мегарданд, ки метавонанд устувории онро коҳиш диҳанд ва тақвияти соҳториро талаб кунанд, иборат аст.

**Таҳқиқоти мазкур давраи солҳои 2021 ва 2025** дар нерӯгоҳи барқи обии Роғун, бахусус дар нақби гидротехникии САСТ-5 гузаронида шуда, ба таҳлили ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағириёбии ҳолати устуворӣ таҳти таъсири омилҳои ҷозибавӣ, тектоникӣ ва сейсмикӣ нигаронида шудааст.

**Асосҳои назариявии** тадқиқот омӯзиши шароити муҳандисӣ-геологии нерӯгоҳи барқи обии Роғун бо мақсади таҳқиқи таъсири онҳо ба ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағириёби нақби гидротехникии САСТ-5 мебошад.

**Сарчашмаҳои иттилоотии диссертатсия** гузориши техникии нерӯгоҳи барқи обии Роғун (1978), тарҳи техникии маҷмааи зеризаминии нерӯгоҳи барқи обии Роғун (1980), тарҳи техникии соҳтори геологии зеризаминии нерӯгоҳи барқи обии Роғун дар дарёи Вахш (Тошканӣ, 1978), инчунин гузориш дар бораи назорати корҳои муҳандисӣ-геологӣ ҳангоми соҳтмони иншооти нерӯгоҳи барқи обии Роғун (2011) ва талаботи тарҳрезиро дар бар мегирад.

### **Нуқтаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванди диссертатсия:**

1. Омилҳои геологию геотехникие, ки ба ҷенакҳои физикии механикӣ ҷинсҳои муҳофизатшаванд, ки дар атрофи нақби гидротехникии САСТ-5-и НБО-и Роғун воқеъ гардидаанд, таъсир мерасонанд.

2. Тавсияҳо оид ба навъҳои такягоҳи сангӣ дар асоси моделсозии аддии ҳолати фишори шаклтағирии нақби гидротехникӣ ҳангоми коркард бо истифода аз болтҳои лангар ва торкертбетон ғафсии 10 см.

3. Таҳлили устувории нақби гидротехникии САСТ-5 ва қобилияти борбардории навъҳои такягоҳи сангӣ дар зери қувваи сейсмикӣ 8-9 балл.

**Навгониҳои илмии таҳқиқот** кори диссертатсионии натиҷаҳои зеринро дар бар мегиранд:

- омилҳои геологияе, ки ба вайроншавии устувории чинсҳои дар дохили нақби ёрирасони САСТ-5 НБО Роғун хобонидашуда, таъсир мерасонанд, муайян карда шуданд;

- моделсозии рақамии ҳолати шиддатнокӣ- шаклтағирии нақби гидротехникӣ ва тавсияҳо оид навъҳои такъягоҳӣ санг ҳангоми коркарди нақби САСТ-5 ва қаторкуҳҳои гуногун бо истифода аз лангарҳо;

- устувории нақби ёрирасон ҳангоми таъсири бори сейсмикӣ шиддатнокиаш 8-9 балл омӯҳта шуд;

- тавсияҳо оид ба интиҳоби навъҳои такягоҳи санг бо истифода аз болтҳои лангар ва торкертбетон ғафсии 10 см барои қисмҳои гуногуни нақби гидротехникии САСТ-5-и НБО-и Роғун.

**Аҳамияти назариявии** кори диссертатсия дар ҳалли масъалаҳои вобаста ба ҳаритасозии муҳандисию геологии нақбҳое, ки бевосита дар наздикии нақби тадқиқшавандиа САСТ-5 воқеъ гардидаанд; интиҳоби усули пешбуруди корҳои мустаҳкамкуй; интиҳоби модел барои ҳисоб кардани васлкунии нақб; асоснокнамоии ҳисобҳои васлкунии нақби САСТ-5 ифода ёфтааст.

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

- дар таъмини ҳифзи иншоотҳои нақбӣ аз вайроншавӣ ҳангоми заминчунбӣ ва имкони истифодаи минбаъдаи онҳо бо ҳарочоти ками иловагӣ ва вақти таъмир;

- ҳангоми тартиб додани барномаи маҷмӯии мақсадноки ноилшавӣ ба дараҷаи ҷаҳонии техникии соҳтмони нақлиёт барои солҳои 2019-2021 ва давраи то соли 2030 ва м масъалаҳои «Стройпрогресс-2030», бахши «Соҳтмони иншоотҳои гидротехникии зеризаминӣ»;

- натиҷаҳои таҳқиқотро дар ҷараёни таълим дар муассисаҳои таҳсилоти олий ва донишгоҳҳое, ки бакалавр ва магистрҳои соҳаҳои даҳлдор тайёр мекунанд, ҳангоми хондани лексияҳо ва дарсхои амалий, инчунин зимни гузаронидани корҳои озмоишиӣ ва саҳроӣ барои донишҷӯён дар курсҳои маҳсус истифода бурдан мумкин аст: «Соҳтмони кон ва зеризаминӣ», «Асосҳои корҳои кӯҳӣ», «Технологияи усулҳои пармакунӣ ва тарқондан», «Механикаи чинсҳои кӯҳӣ ва фишори кӯҳҳо», «Усулҳои маҳсуси бунёди иншоотҳои зеризаминӣ»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ барои донишҷӯёни ихтисосҳои «Соҳтмони зеризаминӣ ва шаҳтаҳо» ва «Соҳтмон ва истифодаи нерӯгоҳҳои барқи обӣ» ва гайра.

**Эътиомнокии натиҷаҳои кори диссертатсионӣ** бо ҳамbastagии натиҷаҳои ҳисобҳои конструксионӣ, бо усули пешниҳодкардаи муаллиф, бо натиҷаҳои таҷрибаҳо ва маълумоти дигар муҳаққиқон, инчунин истифодаи тадқиқоти таҷribavio назариявӣ, усулҳои муосири

тадқиқоти физикӣ-механикӣ, истифодаи таҷхизоту лавозимоти мусоир ҷиҳати санчиши татбиқи кори нақби ёрирасони НБО Роғун тасдиқ карда мешавад.

**Мутобиқати ихтисос ва номи мавзӯъ ба шиносномаи ихтисос ва мундариҷаи рисола.**

Диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмии 05.23.00 – соҳтмон ва меъморӣ (05.23.07 – соҳтмонӣ гидротехникӣ).

3. Таҳияи самти нави таҳлили шиддатнокии шаклтағирии ҳолати фишорнок ва бефишори иншооти гидротехникӣ; такмили усуљои муайян кардани намудҳои гуногунии боргузорӣ ба иншооти гиреҳои обии дарё, биноҳо ва толорҳои мошинҳои истгоҳҳои гидроэлектрикӣ; асоснок кардани роҳҳои баланд бардоштани эътиимоднокӣ ва дарозумрии конструксияҳои иншооти обии нақлиётӣ.

11. Эътиимоднокии истифодаи иншооти гидротехникӣ, таҳияи меъёрҳои нав ва бехатарии онҳо, системаҳои нави назорат ва мушоҳидаи иншоот, такмили усуљои ташхиси техникӣ ва мониторинги системаҳо ва объектҳои обӣ.

Номи мавзӯи диссертатсия ба шиносномаи ихтисос мувофиқат мекунад 05.23.07 Соҳтмони гидротехникӣ

**Саҳми шахсии муаллиф.** Муаллиф мақсад ва вазифаҳои таҳқиқотро мураттаб намуда, роҳҳои назариявию таҷрибавӣ ҳал кардани онҳоро нишон додааст. Муаллиф методологияи ҳисоб намудани ҳолати шиддатнокӣ- шаклтағирии иншоотҳоро зери таъсири фишори сейсмикӣ бо муайян кардани бузургииҳои асосии нақби ёрирасон дақиқ намуда, инчунин хулосаҳои асосиро ба даст оварда ва мураттаб гардонидааст.

**Тавсиби натиҷаҳо.** Муқаррароти асосии кор ва натиҷаҳои ба даст овардашуда дар КБИА «*Таълимоти меъморӣ ва меъмории Тоҷикистон*», 60 соли рушд ва такмил, ДТТ (Душанбе, 2022); КБИА «*Маориф ва илм: мушкилоти инқилоби IV саноатӣ*», баҳшида ба 80-солагии зодрӯзи академик А.Куатбеков, Донишгоҳи дӯстии ҳалқҳо ба номи академик А.Куатбеков (Шимкент, Ҷумҳурии Қазоқистон, 2022); КБИА «*Ҳалли инноватсионии масъалаҳои техникӣ, муҳандисӣ-технологии истеҳсолот*», Донишкадаи полтехникии Ҷиззах (Ҷумҳурии Ӯзбекистон, 2022); КЦИА «*Дуромадҳои рушди истеҳсоли масолеҳи соҳтмонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон*», ДТТ (Душанбе, 2023); КЦИА «*Захираҳои об, инноватсия, захира ва энергиясарфанаӣ*», 6-7 октябри соли 2023, Душанбе, Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон маърӯза ва муҳокима карда шуданд.

**Интишорот.** Натиҷаҳои асосии тадқиқот оид ба мавзуи рисола дар 13 кор, аз ҷумла 6 мақола аз феҳристи маҷаллаҳои пешбари тақризшавандай илмии Комиссияи олии аттестационии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шудаанд.

**Мавҷудияти ҳучҷатҳое, ки истифодаи тадқиқоти илмиро дар истеҳсолот е имконияти истифодаи онҳоро тасдиқ мекунанд.**

Санади татбиқи натиҷаҳои илмӣ дар истеҳсолот аз ҷониби сардори шӯъбаи техникии ЧСК ТГЭМ НБО Роғун Гадоев О. Ҳ.

Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқот 1 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон № TJ 1417 аз 22 ноябрин соли 2022 ба даст оварда шудааст.

Ихтироот ба соҳаи соҳтмони зеризаминӣ таалуқ дошта, ба бунёди иншооти зеризамини таъиноташ гуногун пешбини гардида, асосан соҳтмони иншооти обгузар ва гузаргоҳҳои зеризаминро беҳтар менамояд.

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

**Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия.** Диссертатсия аз муқаддима, чор боб, рӯйхати адабиёт ва хулоса иборат аст. Ҳаҷми умумии кор 139 саҳифа, 84 расм, 27 ҷадвал, замима, рӯйхати адабиёти истифодагардида 125 номро дар бар мегирад.

## МАЗМУНИ АСОСИИ КОР

### Боби 1. ТАҲЛИЛИ ШАРОИТҲОИ МУҲАНДИСӢ-ГЕОЛОГИИ СОҲТМОНИ НҶО РОҒУН

Дар муқаддима аҳамияти мавзуи таҳқиқот, ҳадаф ва вазифаи таҳқиқот асоснок карда шуда, навоварии илмӣ ва арзиши амалии натиҷаҳои бадастомада мураттаб гардида, шарҳи илмӣ дода мешавад.

Дар боби якум таҳлили муҳандисии шароити нақбҳои соҳтмонӣ ва тавсифоти муҳандисию геологияи массиви ҷинсҳои кӯҳии НҶО Роғун гузаронида шуд.

Тибқи ҳаритаи СР-64, ки дар асоси таҳлилҳои Ҷамъияти саҳҳомии кушод «Институти Гидропроект», Институти сейсмология ва соҳтмони ба зилзилатобоварии Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Хадамоти геофизикии Академияи илмҳои Руссия (ш.Обнинск) соҳта шудааст, ҳудуди тавсифшуда сейсмогенӣ мебошад.

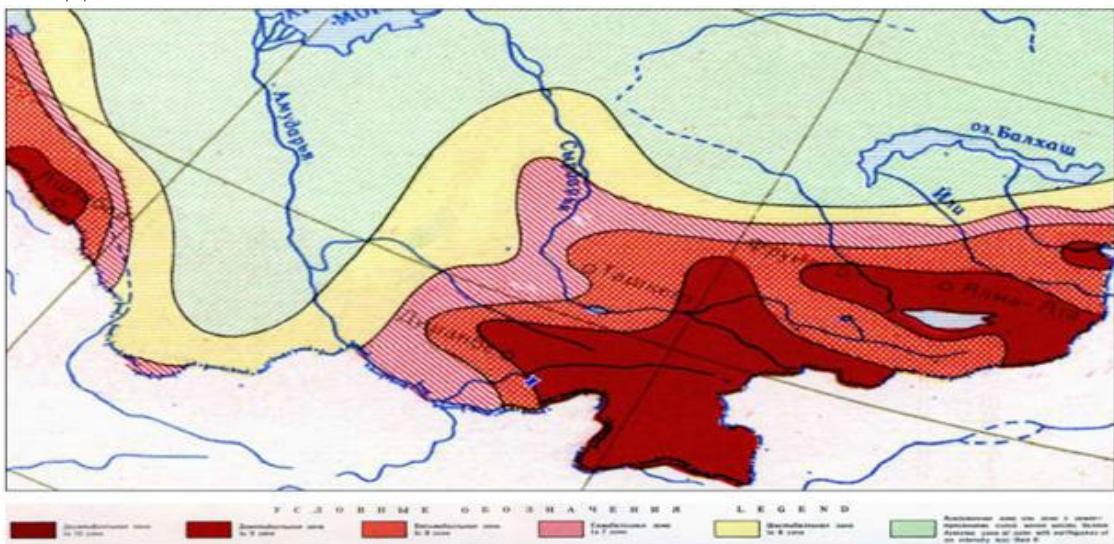
Дар асоси арзиши хоси об, 4 минтақаи муҳандисию геологӣ муайян карда шудааст, ки дар онҳо қиматҳои хоси ҷазби об бо тартиби бузургӣ фарқ мекунанд: I – минтақаи обу ҳавои саҳт ва борфарорӣ, II – минтақаи обу ҳаво ва борфарорӣ, III – минтақаи борфарорӣ, IV – минтақаи ҷинсҳои амалан бетағийирнаёфта.

Вобаста ба ҳусусияти пайдоишӣ протсесҳои экзогенӣ, дар натиҷаи корҳои анҷомдода минтақаҳоеро, ки иншооти асосии нерӯгоҳи барқи обии Роғун ҷойгир шудаанд, инчунин нишебиҳо ва водиҳои ҳамشاфати шоҳобҳои калонтаринро, ки ҳолати онҳо метавонад ба шароити соҳтмон таъсир расонад, ба қисмҳои зерин тақсим кардан мумкин аст:

1. Нишебиҳои баланди нишеби тарафи чапи водии Вахш, ки ба қад-қади зарбаи иншоотҳои асосии қатшуда нигаронида шудаанд. Тахминан аз лаби сои Обиджушон ба купруки болоии соҳтмон;

2. Нишебиҳои нишеби дар хар ду соҳили дарьё, ки ба суи зарбаи иншоотҳои асосӣ нигаронида шудаанд, дар минтақаи аз водии Вахш бо шикастапораи Ионахш то гардиши Вахш дар кунҷи рост ба ҷануби ғарб мебошад;

3. Нишебиҳои соҳили рости водии Вахш, ки аз ҷинсҳои синклинали Кирбич иборат аст аз ҷинсҳои қӯҳии шикастапораи №367 то Ионахш мебошад.



Расми 1. – Қисматҳои ҳаритаи ОСР-64

## Боби 2. ОМӮЗИШИ ШАРОИТҲОИ ГЕОЛОГИИ МИНТАҶА ВА МАВ҆КЕИ БУНЁДИ ОБЪЕКТИ ЛОИҲАВӢ

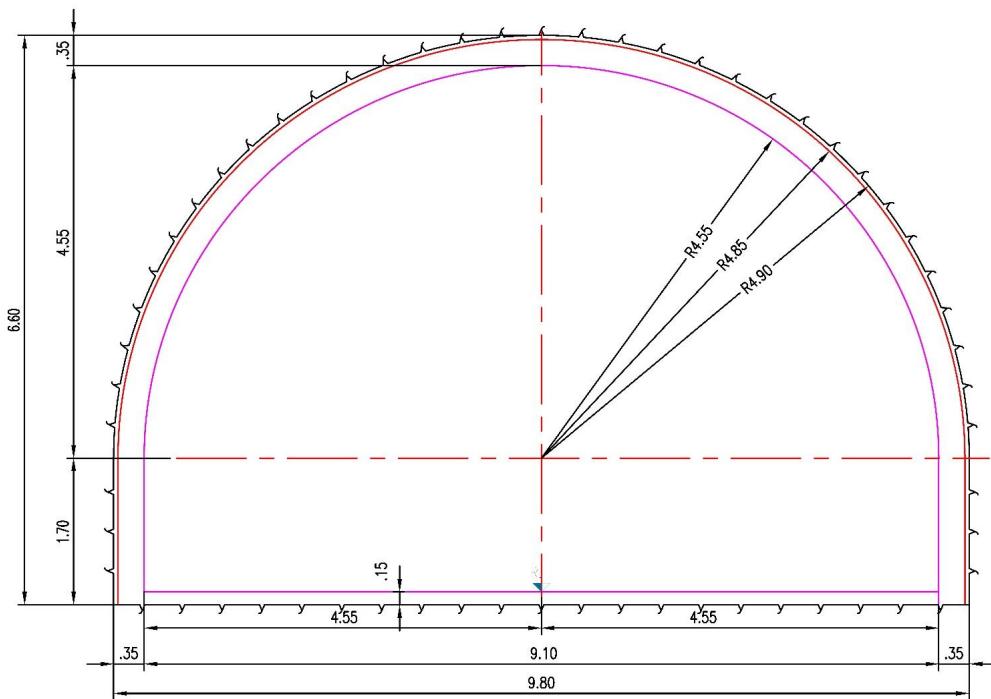
Боби дуюм масъалаҳои шароитҳои муҳандисию геологӣ ва гидрогеологии нақби ёрирасони САСТ-5-и НБО Роғунро дар бар мегирад.

Нақби ёрирасони САСТ-5 барои пайваст кардани дарғоти болоии СТ-5 ба РК01+00 пешбинӣ шудааст, дар ҳоле ки баландии новаи САСТ-5 дар васлшавӣ бо нақби ТМ5-А 1121,25 м ва аз сатҳи баҳр 1150,77 м, ки он бо СТ-5 пайваст карда мешавад.

САСТ-5 бо дарозии 372,41 м, аз пайвастшавӣ бо нақби ТМ5-А то охир бо нишебии 8,16% боло мебарояд ва бо буриши маъмулии баландиаш 6,60 м ва бара什 9,80 м хос аст. Маълумоти асосии геометрии ин нақб дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Ҷадвали 1 – Маълумоти асосии геометрии САСТ-5

Маълумотҳои геометрии нақби САСТ-5	Қимат
Дарозӣ	≈372м
Нишона дар Ch. 00 + 00м	≈1121,25м б.а.с.б.
Нишона дар Ch. 03 + 64,35м	≈1150,77м б.а.с.б.
Баландӣ	6,60 м
Паҳнӣ	9,80м

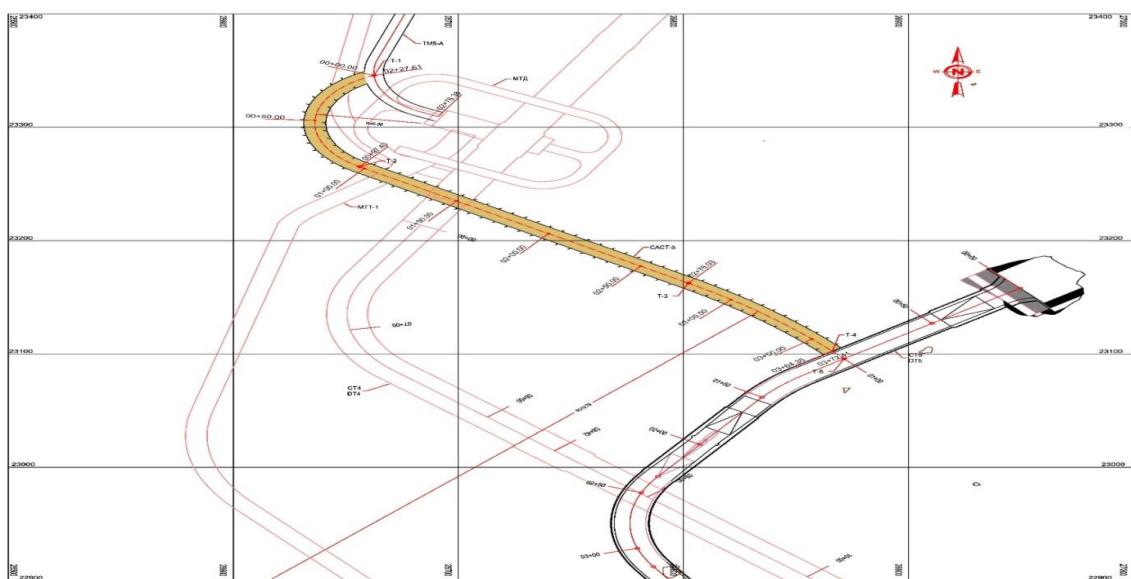


## **Расми 2. Намуди буриши күндалангии САСТ-5**

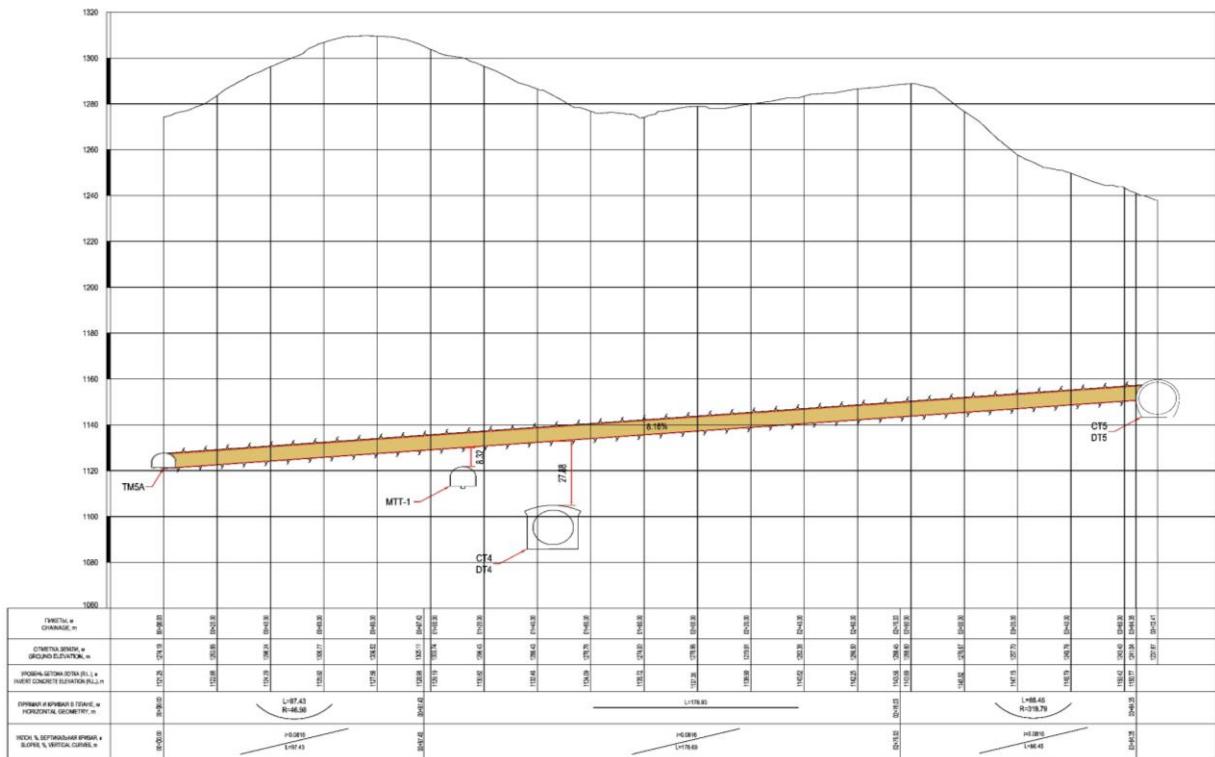
Ҳадафи таҳқиқот аз анҷом додани корҳо, таҳлилҳои анҷомдодашуда ё тавсияву хулосаҳо оид ба тадқиқоти геотехникий ва кӯҳӣ-механикий ва тарҳрезии кофтани васлшавии САСТ-5 дар соҳили рости НБО Рогун мебошад.

Нақби гиротехникии САСТ-5 дарозиаш 372,41 метр буда, аз пайваشتшавй бо нақби ТМ5-А то охир бо нишебии 8,16% боло меравад ва бо буриши кундалангии баландиаш 6,60 м ва бараш 9,80 м хос аст. Маълумоти асосии геометрии ин нақб дар чадвали 1 оварда шудааст.

Тархи нақби гидротехникии САСТ-5 дар расми 3 нишон дода шудааст ва буриши дарозии нақб бошад дар расми 4 нишон дода шудааст. Буруши кундалангии нақби САСТ-5 дар расми 2 нишон дода шудааст.



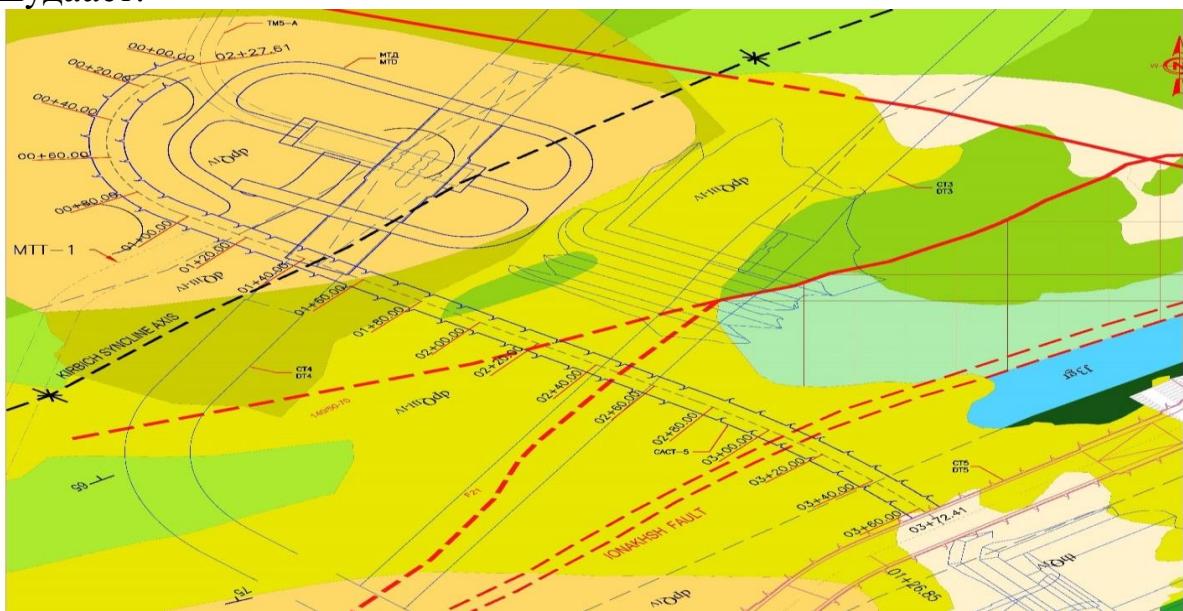
**Расми 3.** Тарҳи нақби ёрирасонии гидротехникии САСТ-5



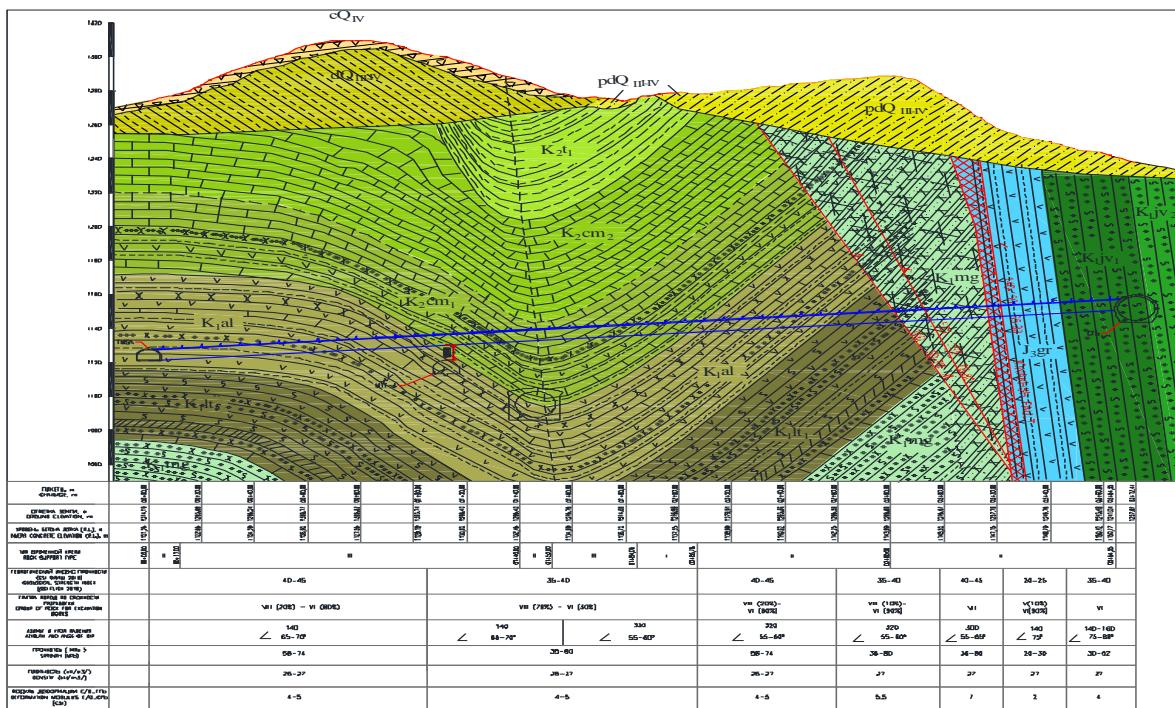
Расми 4. Тархи буриши дарозии нақби гидротехникии САСТ-5

Тархи мухандисио литологӣ ва профили нақби гидротехникии САСТ-5, инчунин хосиятҳои физикию механикии чинсҳои вайроннашудаи гирду атрофи нақби гидротехникии таҳрезӣ бо истифода аз маълумотҳои литологӣ ва геотехникии соҳтмон омухта шуданд. Бояд гуфт, ки хулосаҳои асосии ин таҳқиқот аз он иборат аст, ки ғавсии чинсҳои нақби лоиҳакашии гирду атрофи соҳтмони нақби гидротехникий чинсҳои пастсифат мебошанд.

Тархи геологиии нақби гидротехникии ёрирасони САСТ-5 дар расми 5 ва профили дарозии геологии он дар расми 6 нишон дода шудааст.



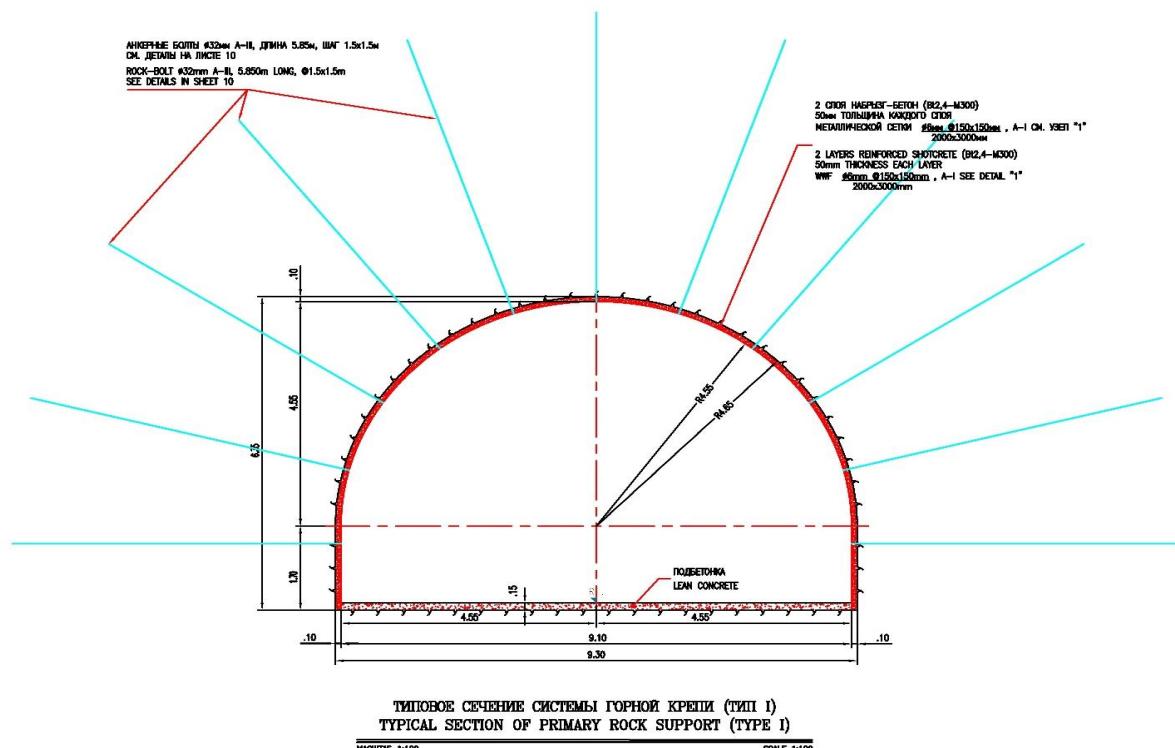
Расми 5. Тархи геологии нақби гидротехникии ёрирасони САСТ-5

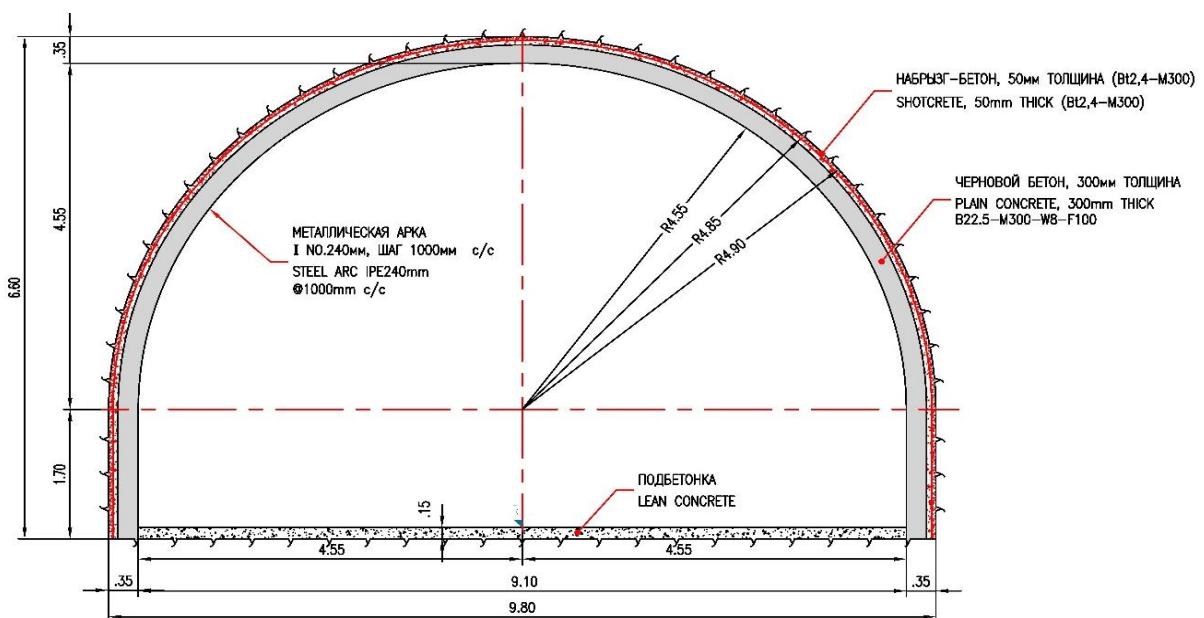


## **Расми 6.** Тарҳи геологияи дарозии нақб САСТ-5

Васлшавии чинсҳо аз серқирраҳои пӯлодӣ ва бетонии мӯқаррарӣ дар марҳилаи кофтуков ва муҳлати хидмати муваққатӣ иборат аст.

Синфҳои васлишавии чинсҳо дар асоси маълумоти мавҷудаи геотехникии нақби САСТ-5 муайян карда шудаанд ва метавонанд то андозае аз мушаххасоти воқеии массиви чинсҳои кӯҳӣ фарқ кунанд. Аз ин рӯ, ин синфи васлшавии санг бояд дар ниҳоят дар асоси шароити воқеии чинсҳо, ки аз ҷониби муҳандисию геотехникӣ дар лоиҳа кор меқунад, мушоҳида ва арзёбӣ карда шавад.

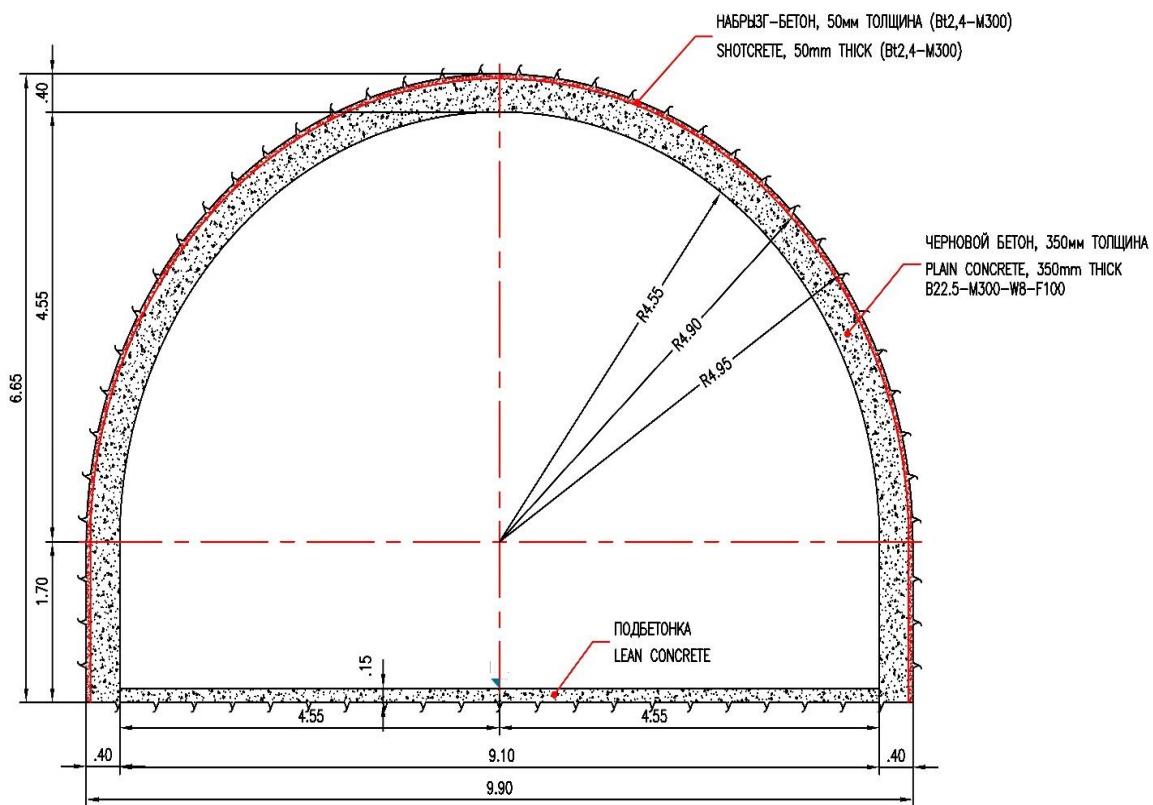




ТИПОВОЕ СЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГОРНОЙ КРЕПИ (ТИП II)  
TYPICAL SECTION OF PRIMARY ROCK SUPPORT (TYPE II)

МАСШТАБ 1:100

SCALE 1:100



ТИПОВОЕ СЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГОРНОЙ КРЕПИ (ТИП III)  
TYPICAL SECTION OF PRIMARY ROCK SUPPORT (TYPE III)

МАСШТАБ 1:100

SCALE 1:100

**Расми 7: D-намуди қисмати навъи I - II - III**

### Боби 3. ОМИЛХОЕ, КИ БА ИНТИХОБИ УСУЛҲОИ БУНЁДИ НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКӢ ТАЪСИР МЕРАСОНАНД

Боби сеюм ба усулҳои кандани нақбҳои гидравликӣ бахшида шудааст. Интихоби равиши нақб ва мавкеи чойгиршавии ин ё он

иншооти алоҳидаи зеризаминӣ, муайян кардани сохторҳо ва усули сохтмони он ба шароити мухандисию геологӣ вобаста аст.

Бояд зикр намуд, ки яке аз усулҳои самарарабахши мустаҳкам кардани хок дар чинсҳои сангӣ ҳангоми сохтани нақбҳо дар шароитҳои душвори геологию гидрогеологӣ усули пешакии тазриқ мебошад, ки вақтҳои охир дар хориҷа хеле васеъ паҳн шудааст. Ин усул барои сохтмони нақбҳо дар шароитҳои душвори қӯҳио геологӣ ҷумҳурӣ низ мароқи калон дорад.

Дар чинсҳои сахравӣ иншоотҳои зеризаминистанцияи электрикии обии Рогун дар як участкаи массиви нақб усулҳои геофизикий ва геомеханико ба кор бурданд. Ба сифати усулҳои геофизикий усулҳои профилактикаи сейсмикӣ ва шаффофт, сабти сейсмикӣ ва ултрасадо ва ҳамчун геомеханикӣ асосан усули прессиометрӣ истифода мешуданд.

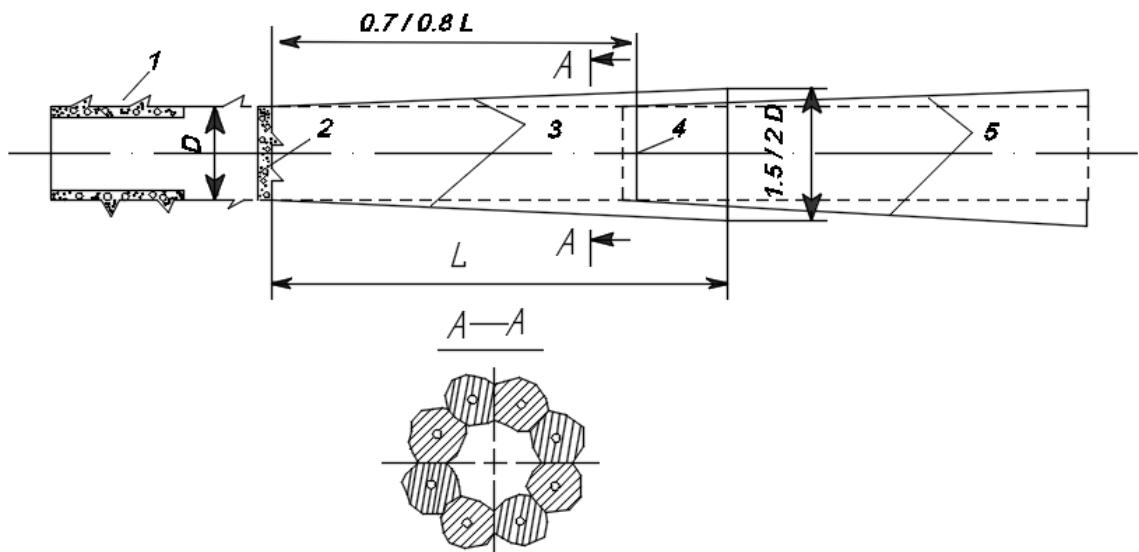
Хусусиятҳои ҳисобшудаи хосиятҳои алевролитҳо ва регсангҳо, ки дар майдони ҳуҷраи турбина ва ҳуҷраи трансформатор ҷойгиранд, дар асоси ҷамъбости натиҷаҳои тадқиқоти комплексӣ ба даст оварда шудаанд. Ин хусусиятҳо (ҳам мустаҳкам ва ҳам деформасия) ҳангоми ҳисоб кардани холати стресс- шаклтағирии системи «корҳои зеризаминие, ки массиви»-ро ҷойгир мекунанд, барои бехтар мувоғиқ кардани натиҷаҳои ҳисобу китоб ба маълумотҳои мушоҳидаҳои саҳроӣ оид ба ҷойгиршавии чинсҳои сахравӣ ислоҳ кардан мумкин аст.

**Ҷадвали 2. Хусусиятҳои тавсияшудаи ҳисоббарории чинсҳо ва массив дар участкаи зали турбинаҳои зеризаминистанцияи электрикии обии Рогун**

Чинсҳои қӯҳӣ	Минтақаи чинсҳои қӯҳӣ	Хусусиятҳо дар намуна			Хусусиятҳо дар массив					
		$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$R_c$ МПа	$P_p$ МПа	E МПа	$E_\epsilon$ МПа	$\mu$ (б/р)	$\varphi$ град	C МПа	$R_{p,t}$ МПа
Алевролитҳо $k_1ab_1$	Майдони борфарорӣ	2,70	35	3,5	3000	2300	0,33	37	0,5	0,3
	Нисбатан ба минтақаи муҳофизати муштарак	2,72	50	5	5500	4000	0,28	45	1,2	0,8
Регӣ $k_1ab_2$	Майдони борфарорӣ	2,62	70	6	5000	4100	0,3	42	1,0	0,6
	Нисбатан ба минтақаи муҳофизати муштарак	2,64	90	8	9000	7800	0,22	55	2,0	1,0

Дар амалияи нақбсозӣ пешакӣ мустаҳкам намудани чинсҳо дар аксар мавридиҳо ба воситаи ҷоҳҳое, ки бевосита аз нақб парма карда мешаванд, гузаронда мешавад. Ҷоҳҳои пешбаранда аз рӯи нақб бо қунчи андаке ба меҳи он парма карда мешаванд (расми 8). Дар натиҷаи дар зери фишор андохтани маҳлулҳо чинсҳои гирду атроф мустаҳкам шуда, дар чинсҳои мустаҳкамшуда нақбсозии минбаъда гузаронда мешавад.

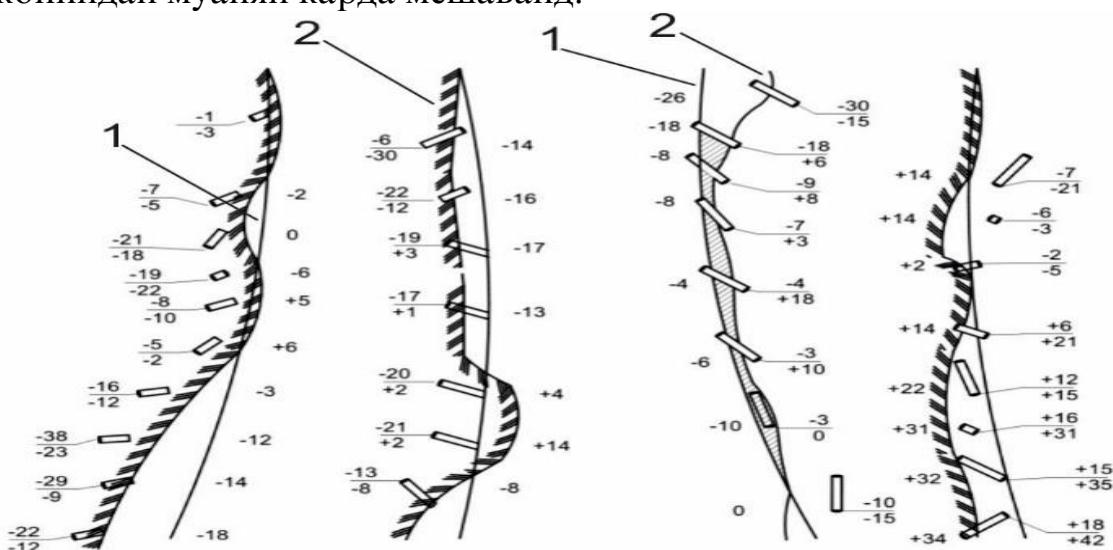
Дар чинсҳои сахравӣ усули тарконидани контурӣ имкон медиҳад, ки вайронкуниҳои берун аз контури лоиҳавиро пешгирӣ карда, инчунин имкони нишебию устувортари нишебиҳо ва кофтаҳоро таъмин намуда, шиддатнокии меҳнатро дар нишебии поя ва нишебиҳо кам мекунад, инчунин изофакориро кам мекунад ва ба баланд бардоштани устувории массиви контур шурӯъ менамояд.



**Расми 8.** Нақшай пешбарандай тазриқ

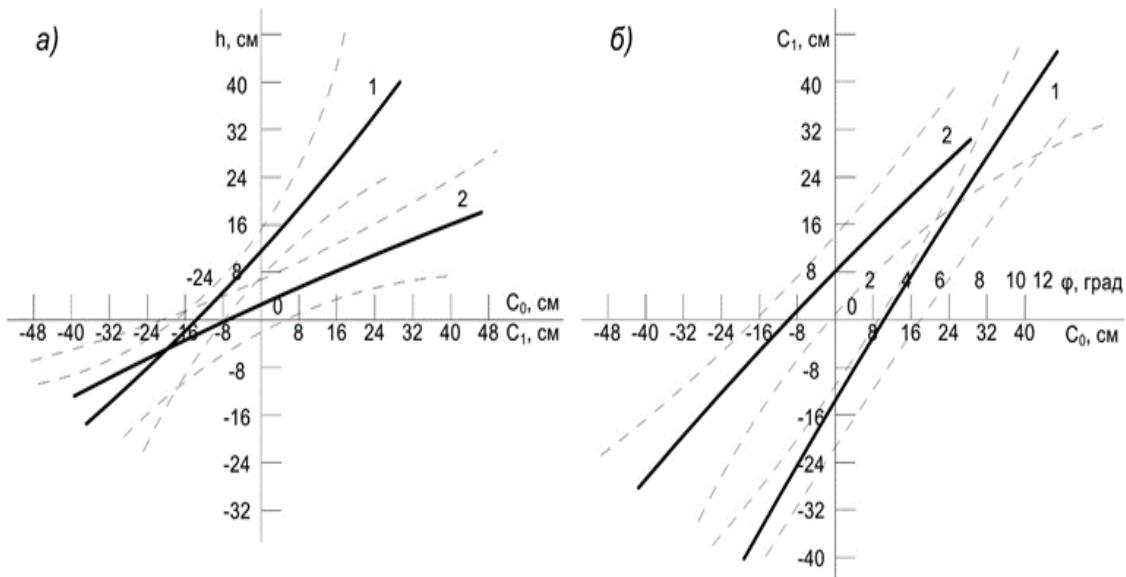
1 — қабати бетонӣ; 2 — девори бетонӣ дар рӯй ковиш; 3 — ҷоҳҳои мукаммали тазриқ; 4 — мавқеи ковиши оянда; 5 — ҷоҳҳои пешбарандай ковиши оянда.

Истифодаи усули тарконидани контурӣ ҳангоми қандани ковишиҳои зеризаминиӣ боиси зиёд шудани талаботи техникиӣ оид ба дурустии контурсозӣ ва сифати сатҳи контури навтаъсис мегардад, ки нишондодҳои он (таркишиҳои контурӣ ва ноҳамвории сатҳи коргоҳ) аз рӯи дурустии иҷрои шиносномаи лоиҳаи корҳои пармакунию таркониндан муайян карда мешаванд.



**Расми 9.** Натиҷаҳои ковишиҳои чекунии бузургиҳои контурҳои мурват:

1 – ҳатти контури лоиҳавии ковиш, 2 – контури воқеӣ, ҳисобкунак – қачравии даҳони мурват, ҷойгир – аз ҳатти контури лоиҳавии ковиш берун рафтани умқи мурват



**Расми 10.** Тағир додани пардаҳои қонунӣ  $h$  вобаста ба андоза инҳироф:

а) 1 – даҳони сӯроҳи  $C_0$ , 2 – поёни сӯроҳи  $C_1$ , аз контури конструктивии кор (а) ва вобастагии инҳироф дар поёни сӯроҳи  $C_1$ ; б) 1 – кунҷи тамоили сӯроҳҳои контурӣ  $\phi$ , 2 – рақамҳои инҳирофшавии даҳони сӯроҳи  $C_0$  аз контури лоиҳавии кор (б). (хатҳои регрессионии – саҳт, хатҳои – сарҳади минтақаи эътиимод бо эҳтимолияти 0,99 барои хатҳои регрессионии мувофиқ).

#### БОБИ 4. ҲИСОБ НАМУДАНИ НАҚБИ ЁРИРАСОНИ САСТ-5-И НБО РОГУН БО ИСТИФОДАИ АМСИЛАСОЗИИ УНСУРҲОИ НИҲОЙ ВА ТАВСИЯҲО БАРОИ ИНТИХОБИ КОНСТРУКСИЯИ ВАСЛӢ

Боби чорум ба ҳисобҳо бо истифода аз моделсозии унсурҳои ниҳоии нақби ёрирасони САСТ-5-и НБО Рогун бахшида шудааст.

Барои тарҳрезии системаи такягоҳи сахраҳо барои нақби гидротехникии САСТ-5, дар марҳилаи сеюм моделсозии аддии коркарди зеризаминӣ барои таҳлили шиддатнокӣ пас аз кофтуков ҷинсҳои қӯҳӣ ва насиби системаи такягоҳи сахраҳо иборат мебошад. Ченакҳои геологӣ ва қуҳӣ-техникӣ ҳамчун маълумотҳои дохилӣ ба программа ҳар қадар дурусттар дохил карда шаванд, натиҷаҳои ба даст овардашуда ҳамон қадар эътиимоднок мешаванд. Бо вучуди ин, моделсозии дақиқи шароити хок одатан хеле душвор ва ҳатто ғайриимкон аст, бинобар ин дар таҳлил баъзе фарзияҳои соддакардашуда бояд истифода шаванд.

Дар таҳлили амсиласозии нақби САСТ-5 таҳминҳо ва меъёрҳои зерини умумӣ ба назар гирифта шуданд:

- қаторкӯҳҳо муҳити пай дар пай буда, ҳамчун масолеҳи эластикӣ-пластикӣ рафтор мекунанд;
- ҳолати шиддати ҳавопаймо барои таҳлили 2D дуруст аст;
- меъёри нобудшавии Ҳук ва Браун ба қаторкӯҳҳои қӯҳӣ татбиқ карда мешавад;
- сарҳадҳои берунии моделҳо дар масофаи зиёда аз се диаметри нақб ба назар гирифта шудаанд;
- гафси 5 см бетони арматурнашуда, ки бояд пеш аз васл кардани қабургагҳои пӯлодӣ гузошта шавад, барои таъмини бехатарӣ пешбинӣ

шудааст ва дар моделҳои унсурҳои ниҳоӣ (УН) ба инобат гирифта намешавад;

- қабурғаи оҳанӣ якчоя бо бетони муқаррарӣ ҳамчун оҳану бетони моделсозӣ карда мешавад. Хусусиятҳои бетони оддии С25/30 ва пӯлоди IPE240 дар ҷадвали 3 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 3. –Хусусиятҳои балкаҳои двутаврӣ, ки дар нақби САСТ-5 истифода мешаванд**

Ченакҳо	Ададҳо/Маълумот
№ профил	IPE 240
Чуқурии буриш	240 мм
Масоҳат	3910 мм <sup>2</sup>
Моменти инертсия	38.9×10 <sup>6</sup> мм <sup>4</sup>
Модули чандирӣ (Es)	210 000 МПа
Ҳадди устуворӣ	240 МПа
Маркази флизӣ	AIII
Вазн	30,7 кг/м

Бетони оддӣ ҳамчун бетони армиронинакарда модел карда мешавад. Хусусиятҳои бетони оддии С25/30 дар ҷадвали 4 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 4. Хусусиятҳои бетон барои истифода дар нақби САСТ-5**

Ченакҳо	Ададҳо/Маълумот
	C25/30
Маълумот оид ба устувории намунаи силиндрии бетон ҳангоми фишор овардан	$f_{ck} = 25$ МПа
Маълумот оид ба устувории намунаи силиндрии бетон ҳангоми ёзиш	$f_{ctk} = 3.1$ МПа
Модули Юнг	23500МПа
Зарифи Пуассон	0,2
Воҳиди ченак	24,5 кН/м <sup>3</sup>

Ба сифати торкретбетони армироншуда моделсозии торкретбетони армироншуда ғавсиаш 10 см, 1 қабат сеткаи филизӣ диаметри 6 мм ва лангарҳо диаметри Ø32 мм L=5,85 м. Хусусиятҳои бетонии торкретбетони армироншуда дар ҷадвалҳои 5 ва 6 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 5. –Хусусиятҳои торкретбетони армироншудаи истифодашавандадар нақби гидротехникии САСТ-5**

Ченакҳо	Ададҳо/Маълумот
	C25/30
Маълумот оид ба устувории намунаи силиндрии бетон ҳангоми фишор	$f_{ck} = 25$ МПа
Маълумот оид ба устувории намунаи силиндрии бетон ҳангоми ёзиш	$f_{ctk} = 3.1$ МПа
Модули Юнг	23500МПа
Зарифи Пуассон	0,2
Воҳиди ченак	24 кН/м <sup>3</sup>

**Чадвали 6. – Хусусиятҳои панчараҳое, ки дар нақби САСТ-5 истифода мешаванд**

Ченакҳо	Ададҳо/Маълумот
Диаметр ва дарозӣ (мм)	6@150 × 150& 6@100 × 100
Модули устуворӣ (Es)	210 000 МПа
Хадди устуворӣ	240 МПа
Маркази филизӣ	AIII

Маводҳо дар асоси стандартҳои ASTM ва ACI интихоб карда мешаванд. Илова бар ин, маълумоте, ки дар гузоришҳои TEAS ва гузоришҳои Stucky оварда шудаанд, истифода шудааст.

Дар раванди моделсозӣ ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағирии нақб, инчунин васлшавии муваққатии чинсҳои хоросанг барои потенсиали ноустувор ва навъҳои тавсияшудаи такягоҳи чинсҳо, ки дар лоиҳаҳои иншоотҳои гидротехники истифода мешаванд, аниқ карда шуданд.

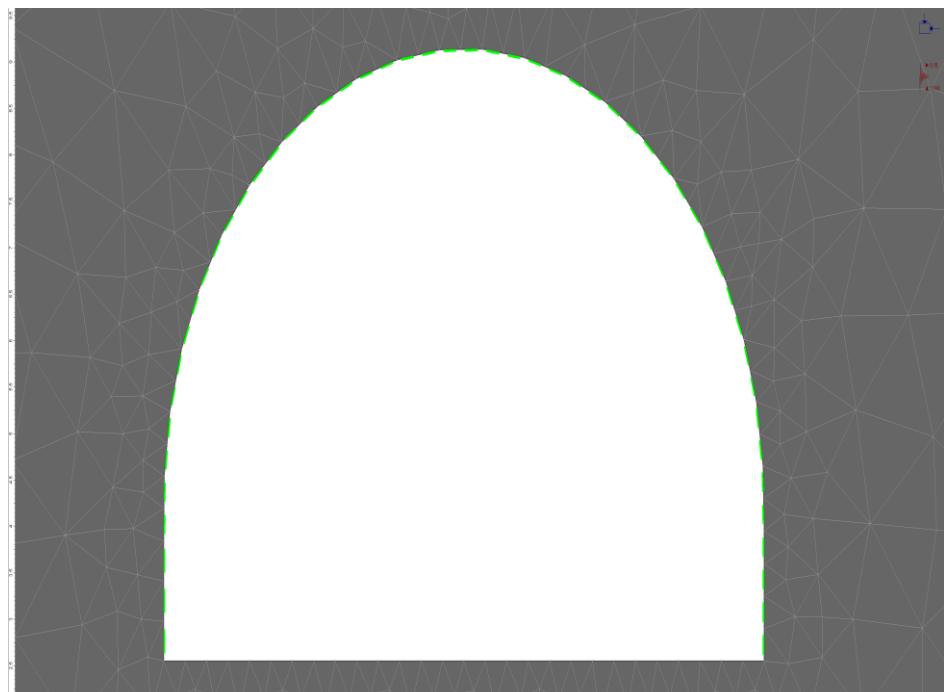
Дар робита ба шароитҳои геологӣ ва геометрии қад-қади нақби САСТ-5, чор модели унсурҳои ниҳоӣ барои таҳлили шиддатнокӣ баррасӣ карда шуданд.

Модел барои бахши 1 САСТ-5 аз РС 00+12 то РС 01+10 соҳта шудааст, ки дар он системаи васлшавии хоросанги навъи III, аз ҷумла бетони арматурнокардашуда наасб шудааст. Андозаи нақби САСТ-5 дар ин модел пас аз кофтуков ва наасби такяҳои хоросанги 6,10 м баландӣ ва 9,10 м паҳно доранд, дар воҳиди геологии охири сеноманий болоӣ ( $K_{1a1}$ ), ки аз оҳаксангҳои ивазшаванд, варақсангҳо ва чинсҳои сурҳ ва аргиллитҳо бо қабати гачӣ иборат аст, ҷойгир шудааст.

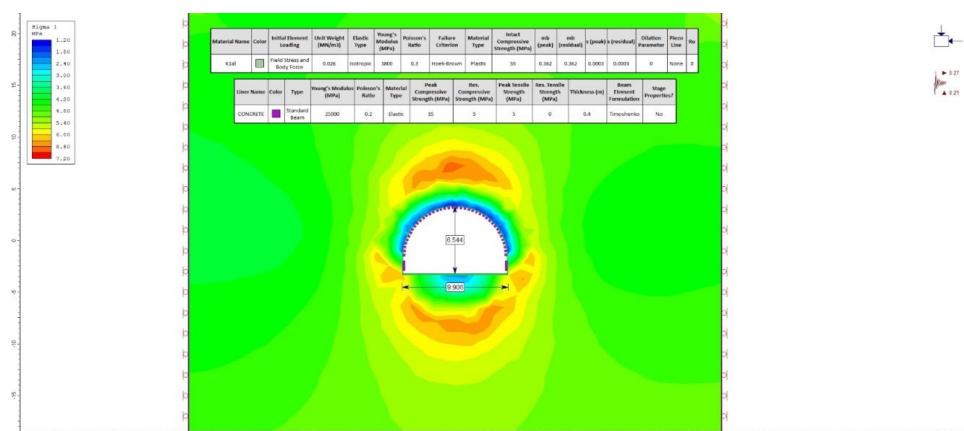
Дар ин таҳлили унсурҳои ниҳоӣ УН, массивҳои кӯҳии  $K_{1a1}$  дар атрофи нақб ҳамчун маводи чандирӣ-пластиқӣ модел карда шуданд, ки бузургихои қувваташон дар речай пластиқӣ кам мешаванд.



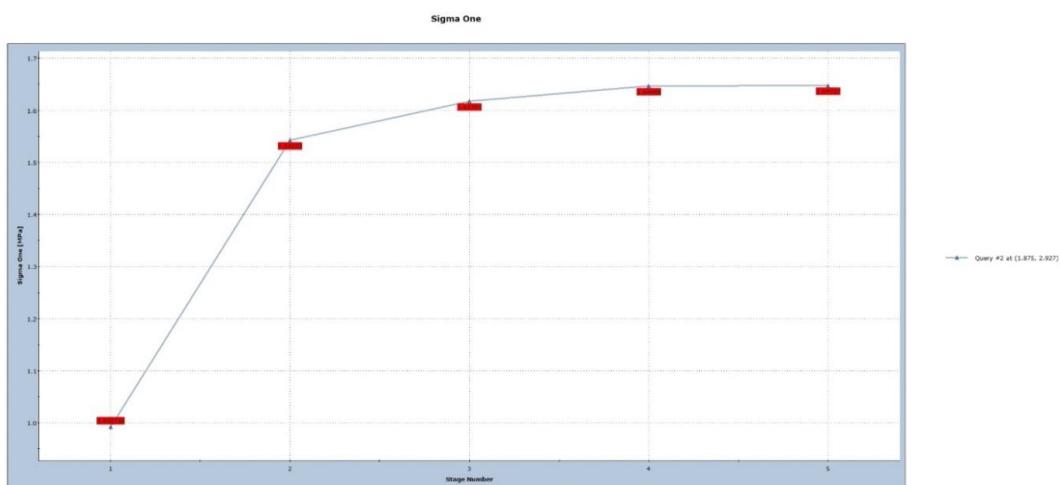
**Расми 11:** Намуди- IIIа Намуди умумии УН амсилаи САСТ-5 дар бурриши I (ПК 00+12~ ПК 01+10), дар марҳилаи 5



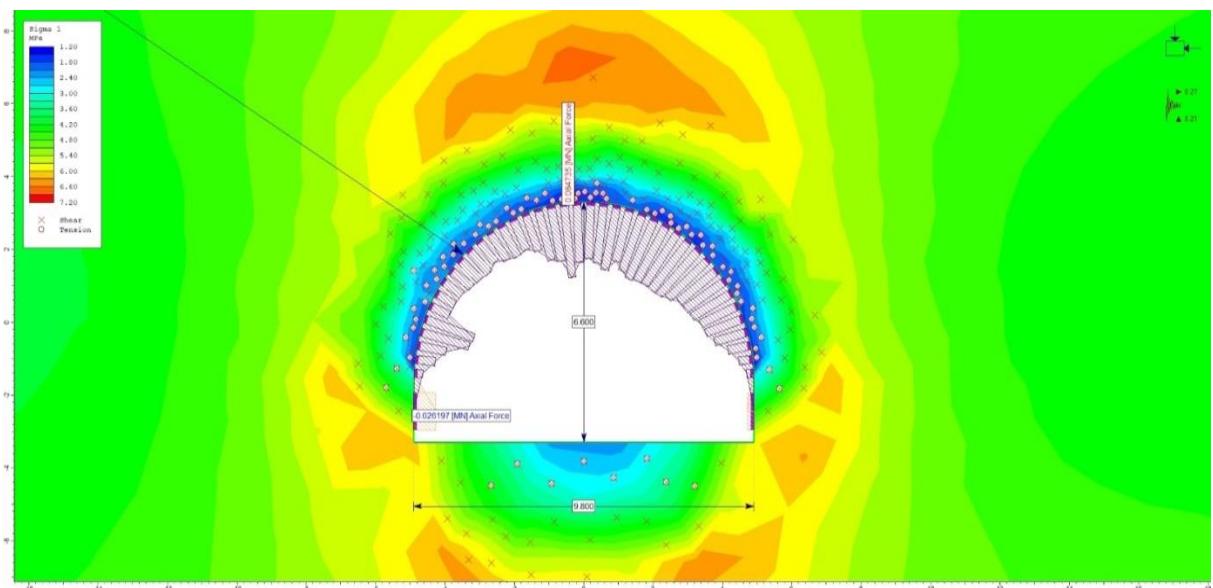
**Расми 12:** Намуди Ша Намуди умуми УН амсила САСТ-5 дар бурриши I (ПК 00+12~ ПК 01+10), дар марҳилаи 5



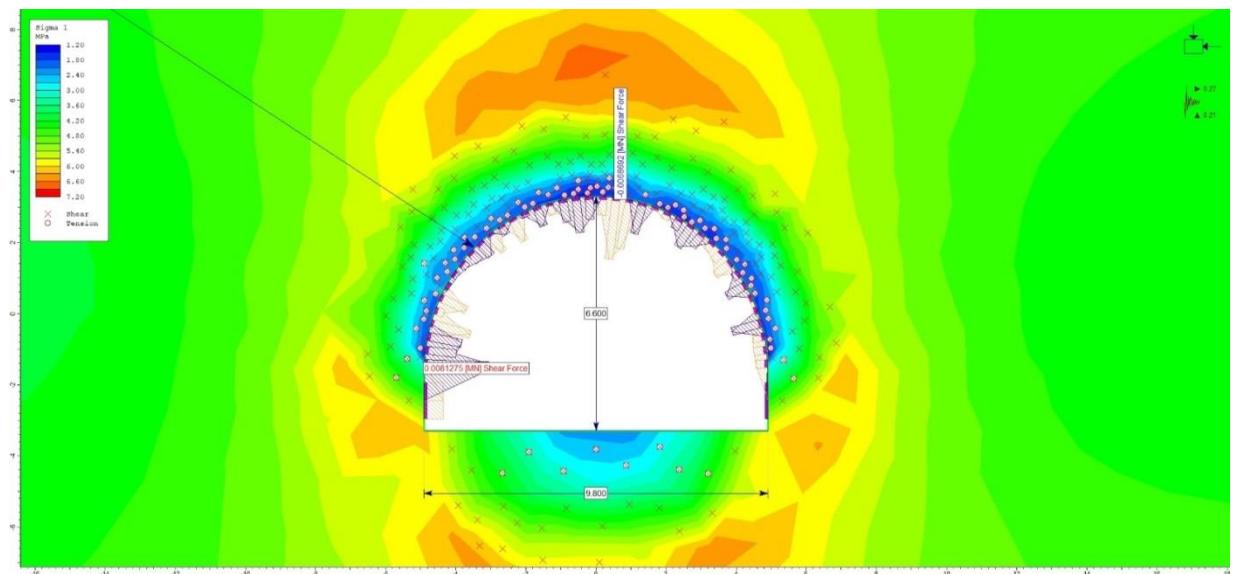
**Расми 13:** Зариби мустаҳкамӣ ва қашши мөхварии САСТ-5 (бетони беарматур) дар бурриши I, дар марҳилаи 5



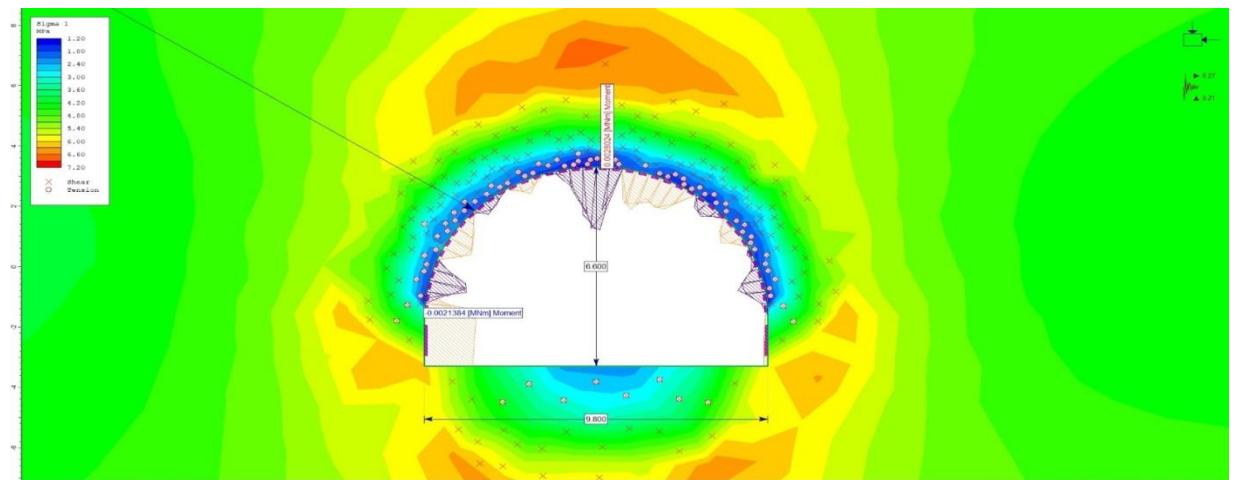
**Расми 14:** Sigma 1 ва унсурҳои часпакӣ дар атрофи ороиш (бетони беарматур) САСТ-5 дар бурриши I дар марҳилаи 5



Расми 15: Қувваи меҳварии (бетони беарматур) САСТ-5 дар бурриши I, дар мархилаи 5



Расми 16: Қувваи ларзиши (бетони беарматур) САСТ-5 дар бурриши I, дар мархилаи 5



Расми 17: Лахзай (бетони беарматур) САСТ-5 дар бурриши I, дар мархилаи 5



Расми 18: Җойивазкунӣ (ғафсии оҳану бетонӣ 35 см) САСТ-5 дар бурриши I

Дар расми 11 намуди умумии модели УН нақби САСТ-5 барои қисми 1, ҳангоми таъсироти сейсмикӣ дар марҳилаи 5 ( $PGA_h = 0,18g$  ва  $PGAv = 0,144g$ ) фаъол шудан, нишон дода шудааст. Намуди васеъшудаи модели КЭ-и ин бахш дар марҳилаи 5 (расми 12) нишон дода шудааст. Инчунин, дар расми 13 зарibi устуворӣ ва қувваҳои меҳвари ороиш (ғафсии оҳану бетонӣ – 35 см), дар расми 14 Sigma 1 ва унсурҳои ҳосилкунӣ дар атрофи нақб нишон дода шудаанд. Ҳамзамон, дар расми 15 Sigma 3 ва лаҳзаҳои ҳамкунии ороиш нишон дода шуда, дар расми 16 ҷойивазкунӣ ва буриши умумии пӯшишҳо дар қисмати 1 дар марҳилаи 5 ва дар расми 17 унсурҳои сайлоният дар атрофи нақб тасвир ёфтаанд.

Бояд қайд намуд, ки иқтидори борбардории ороиши бетонӣ дар ин минтақа дар расми 18 низ оварда шудааст.

Натиҷаҳои таҳлили шиддатнокӣ нишон доданд, ки соҳторҳои вaslшавие, ки барои қисми 1 таҳия шудаанд, дар зери таъсироти гуногуни статикӣ амал мекунанд (марҳилаи 3). Инчунин, натиҷаи таҳлили псевдостатикии ин қисм нишон дод, ки бо таъсироти сейсмикии муодили 2/3 ОВЕ устувории САСТ-5 дар ин қисм ба даст оварда шудааст ва нақб пас аз чунин таъсирот ба кор медарояд.

Устувории ҷинсҳои кӯҳии сахра ба кафидан азимут ва кунчи афтидан, алалхусус ба буриши системаҳои тарқиш бо қабати ғавсии ҷинсҳои кӯҳӣ.

Ҳангоми таҳлили барномаи мазкур системаҳои калони тарқишҳор, ки эҳтимолан бурришҳои ҳамдигарии мутақобилаи ғайрияклӯҳтро ташкил медиҳанд ва захирави хурди мустаҳкамӣ доранд, муттаҳид мекунад. Равиши нақби САСТ-5 ба 13 қитъа тақсим карда шудааст, ки ба онҳо шароити якхелаи соҳторию литологӣ хос мебошад. Ҳангоми таҳлили шароити соҳторӣ (маҳсусан, паҳншавии тарқишҳо дар масиви ҷинсҳои кӯҳӣ), тарқишҳои қабатӣ асосан бо на бештар аз 2 системаи тарқишҳо якҷоя карда мешаванд, ки ҳангоми моделсозӣ, интихоби комбинатсияҳо бо ҳадди ақали бехатарӣ маъмул аст.

Дар ҷадвали 7 намудҳои тавсияшудаи вaslшавии хоросангҳо, аз ҷумла унсурҳои асосии онҳо, барои қисмҳои гуногуни нақби САСТ-5 бо назардошти геометрияи воқеии нақб ва ҳолати воқеии шоҳаи Т-намуди ТМ5-А пешниҳод карда шудааст.

Ҳама лангарҳо аз пӯлоди дараҷаи А-III (A400) бо диаметри 32 мм соҳта шудаанд ва пурра бо маҳлули сement пур карда мешаванд.

**Чадвали 7. - Тавсифи намудҳои хоросангҳои васлкунандай барои САСТ-5 тавсияшаванд**

Навъи васлш авии сангӣ	Пикетҳо	Паҳноии нақб пас аз васлшавӣ	Панҷар аи бетонӣ	Васлшавии хоросангҳо	Бетони одии беарматур
I	1+84,06~ 2+06.78	9.10м	10 см	Панҷараи симин Φ6мм Анкер Φ32мм D=5,85 м	-
II	0+08.00~ 0+12.00 2+98,51 ~ 3+64,35	9.10м	5 см	IPE240 мм, Фосила 1 м	C25/30, гафсии минималии равоқ ва девор
III	0+12.00~ 1+84,06 2+06.78~ 2+98,51	9.10м	5 см	-	C25/30, гафсии минималии равоқ ва девор

Барои тағир додани конвергенсия, нақби гидротехникии САСТ-5 якчанд қисмҳои ченқуниро пешниҳод мекунад. Ҷойгиришавии аломатҳои геодезӣ ва деталҳои онҳо дар асоси шароити воқеии геологӣ муайян карда мешаванд. Пикетҳои профилӣ барои андозагирии конвергенсия сабит нестанд ва дар ҷойҳое истифода мешаванд, ки фурунишиниҳо интизоранд ва бояд назорат карда шаванд. Барои массивҳои сангҳои блокӣ ва хеле блокнок, фурунишиниҳои пешбинишаванд ба миқдори чанд миллиметр хоҳанд буд ва ченқунии конвергенсия метавонад натиҷаҳое дихад, ки барои тафсир номувофиқанд.

Дар минтақаҳои суст ё қаторкуҳҳои вайроншуда системаи ченқунии конвергенция аз 5 нуқтаи геодезӣ пешниҳод карда мешавад. Барои қаторкуҳҳои нуқтаҳои суст истифода бурдани 5-7 пункти геодезӣ тавсия карда мешавад. Дар ҳар сурат, нуқтаҳои ченқунии конвергенсия бояд фавран пас аз кофтуков таъсис дода шаванд ва ченакҳо бояд нишон диханд, ки оё фурунишиниро тавассути чораҳои дастгирии сангҳо қатъ кардан мумкин аст. Агар фурунишиниро боздоштан ғайриимкон бошад, мувофиқи дастури муҳандиси геотехникӣ чораҳои иловагии мустаҳкамкунии санг бояд баррасӣ карда шаванд.

## ХУЛОСА

### ***Натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия:***

1. Таҳлили устувории САСТ-5 бо истифода аз ду усули лоиҳкашии васлшавии хоросангҳо: усули ададӣ ва усули фонавӣ гузаронида шуд [2-М, 3-М, 5-М, 11-М, 12-М].
2. Натиҷаҳои мониторинг имкон доданд, ки бехатарӣ ва устувории корҳои зеризаминӣ назорат карда шавад, тибқи усули нави австриягии нақбканиӣ (NATM), назорат ва мониторинги муназзам қисми ҷудонашавандай раванд ва консепсияи муосири корҳои зеризаминӣ мебошанд [2-М, 4-М, 5-М, 8-М, 13-М, 14-М].

3. Ҳангоми сementкунӣ истифода бурдани маҳлулҳои гилию сementӣ самарабаҳштар ба назар мерасад. Зимни зери фишори баланд андохтани маҳлулҳои сement, он ба ғафсии сусттари зерқабатҳо даромада, чинсро фишурда, тобоварии обногузариро таъмин мекунанд [1-М, 4-М, 6-М, 9-М, 14-М].

4. Санги сementӣ на танҳо нақши унсури обногузарро мебозад. Он обро аз массаи чинсҳои аллакай пуркардашуда фишурда, онро фишурда мегардонад ва пайвасткуниро зиёд менамояд, ки ба туфайли ин чинсҳо низ обногузар ва мустаҳкамтар мешаванд [1-М, 4-М, 6-М, 8-М, 9-М, 10-М, 14-М].

5. Таҳлил ва кор карда баромадани шароити муҳандисиу геологии қад-қади роҳи нақби САСТ-5-и НБО-и Роғун имкон дод, ки сейсмикии ҳисобшуда вобаста ба хосиятҳои хок аниқ карда шавад, минтақаҳои конкретие, ки бо зилзила аз 7 то 9 бал пайваст карда шудаанд, муайян карда шаванд [2-М, 8-М, 10-М, 13-М].

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

1. Барои таснифоти муҳандисии массиви кӯҳҳои қад-қади нақби САСТ-5-и НБО Роғун харитакашии муҳандисӣ-геологӣ таҳия карда шудааст.

2. Варианти васлшавандай конструксияҳои обгузаранда ба зилзила тобовар дар шароити кӯҳсор дар баландии зиёда аз ду ҳазор метр кор карда баромада шудааст, ки ин сарфаи масолеҳи бинокориро то 20 фоиз кам мекунад.

3. Ҳангоми сementкунӣ истифода бурдани маҳлулҳои гилию сementӣ самарабаҳштар ба назар мерасад. Зимни зери фишори баланд андохтани маҳлулҳои сement, он ба ғавсии сусттари зерқабатҳо ворид шуда, чинсҳоро фишурда мекунанд.

4. Усули пешниҳодшудаи сementкунӣ барои истифода дар соҳтмони нақбҳои гидротехникии НБО-и Роғун тавсия карда мешавад.

#### **Адабиёт**

1. Рогунской ГЭС на реке Вахш. Подземный комплекс. Технический проект (гидропроект). Гидроспецпроект. -М.1980 г.

2. Негматуллаев С.Х. Карты эпицентров землетрясений Таджикистана за 2007-2015 гг. / С.Х. Негматуллаев // - Душанбе, 2015. - 196 с.

3. Исследование технико-экономической оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, Фаза II: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС (Анализ нагрузки деривационного тоннеля 1, включая неармированную облицовку), RP 46 Rev. A, 2013.

4. Stucky (2019) – Основание основной плотины -Геомеханические характеристики горных массивов. Отчет № 5430-4268 - S-0214-A-GL-B-GE-GT-012-A0.

5. Marchini S. Attraversamento di una zona di materia limoso-argilloso sotto pressione in una fase del lavoro di costruzione del - l'impianto idroelettrico nel Mantaro in Perù. - «Nuovo Cantiere», 1975, № 3, - p. 36-40.

6. Ауэрбах В. М. Губенков Е.К и др. Проходка участка Гран-Сасского автодорожного тоннеля в сложных гидрогеологических условиях // - «Транспортное строительство», № 1. – 1977г.

7. Журнал. Энергетическое строительство за рубежом. №6(95). М. Энергия. 1977. 45с.

**Феҳристи корҳои чопшудаи муаллиф доир ба мавзӯи диссертатсия**

**Мақолаҳо дар маҷаллаҳои илмии тақризшаванда:**

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

[2-А]. **Холов Ф.А.** Воздействие инженерно-геологических условий на напряженно-деформированное состояние подходного тоннеля П-5 Рогунской ГЭС /Ф.А. Холов // Вестник, ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №2. - С.154-159

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

[4-А]. **Холов Ф.А.** Проходка гидротехнических сооружений с предварительным укреплением методом инъекции /Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, М.М.Зувайдов// Политехнический Вестник №3, ТТУ, 2022. - С.108-115

[5-А]. **Холов Ф.А.** Результаты натурных измерений статических анализов и их оценки при проходке гидротехнических сооружений / Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, А.М.Алимарданов // Политехнический Вестник №4(60), ТТУ, 2022. -С.112-120

[6-А]. **Холов Ф.А.** Способы проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве / Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, С.А. Саидов // Вестник, ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2022. №3. -С. 85-93.

[7-А]. **Холов Ф.А.** Конструксияи иншооти обгузаронанда /Н.М.Хасанов, Ф.А.Холов, М.Н.Хасанов// Нахуст патент № TJ 1417 от 25.08.2023 Конструксияи иншооти обгузаронанда.

**Инишорот дар маҷаллаҳои конференсияҳои илмӣ ва дигар  
нашрияҳо:**

[8-А]. **Холов Ф.А.** 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.

[9-А]. **Холов Ф.А.** Улучшение свойств оснований плотин ГЭС с помощью цементации / Ф.А.Холов // Конференсияи ҷумхуриявии илмӣ-амалии устодон, дошишҷӯён, магистрантҳо ва аспирантону унвонҷӯён таҳти унвони «Дурнамои тараққиёти истеҳсоли масолеҳҳои соҳтмонӣ

дар Чумхурии Тоҷикистон», 31-уми марта соли 2023, ДТТ. Душанбе. – С.241-245.

[10-А]. **Холов Ф.А.** Влияние геологических и гидрогеологических условий на выбор трассы тоннеля / Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, А.Т. Медеуов // Международной научно-практической конференции: «Образование и наука: вызовы IV промышленной революции», посвященной 80-летию академика А. Куатбекова. 13 мая. 2022 г. Университет дружбы народов имени академика А. Куатбекова. РК.

[11-А]. **Холов Ф.А.** Напряженное состояние грунтового массива в естественном залегании и при воздействии сейсмических нагрузок / Н.М. Хасанов, Ф.А. Холов, А.М. Алимардонов // МНТК. Джизакском политехническом институт. 28-29 октября 2022 г. РУ. «Инновационные решения технических, инженерно-технологических задач производства». –С.336-341.

[12-А]. **Холов Ф.А.** Влияние массовых сейсмических взрывов на устойчивость гидротехнических сооружений / Ф.А. Холов, М.А. Сулаймонова // МНПК: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ. 22 ноября. 2022. Душанбе. –С.248-252.

[13-А]. **Холов Ф.А.** Геологические факторы влияющих на устойчивость гидротехнических тоннелей / Ф.А. Холов, А.Дж. Ятимов, А.М. Алимардонов // МНПК: “Архитектурное образование и архитектура Таджикистана” 60 лет развития и совершенствования. ТТУ. 22 ноября. 2022. Душанбе. –С.285-288.

[14-А]. **Холов Ф.А.** Опыт проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве /Ф.А. Холов, А.Дж. Ятимов, С.А. Саидов // МНПК: «Архитектурное образование и архитектура Таджикистана» 60 лет развития и совершенствования. ТТУ. 2022. 22 ноября. Душанбе. - С.288-291.

## Аннотатсия

ба автореферати диссертатсияи Холов Фазлиддин Аббосович дар мавзуи «*Таъсири қувваҳои гравитатсионӣ, тектоникӣ ва сейсмикӣ ба ҳолати шиддатнокӣ- шаклтағийирии васлшавии нақби ёрирасони САСТ-5-и НБО Рофун*», барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси *05.23.00 – Соҳтмон ва меъморӣ (05.23.07 - Соҳтмонни гидротехники)*

**Калидвожаҳо:** деформатсия, боришот, геология, ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағийирии, массиви ҷинсҳои кӯҳӣ, тектоника, ҳамгаштҳо, васлкунандаҳо, нақби гидротехники.

**Объекти тадқиқоти диссертационӣ** нақби ёрирасони гидротехники САСТ-5-и НБО-и Рофун мебошад.

**Мақсади тадқиқоти мазкур** таҳияи ҳисоб намудани ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағийирии нақби ёрирасони (САСТ-5)-и НБО-и Рофун зери таъсири қувваҳои сейсмикӣ ва тавсияҳо оид ба интихоби тарҳҳои ин иншоотҳо барои таъмини бехатарӣ мебошад.

**Навоварии илмии тадқиқот:**

- омилҳои геологияе, ки ба вайроншавии устувории ҷинсҳои дар дохили нақби ёрирасони САСТ-5 НБО Рофун хобонидашуда, таъсир мерасонанд, муайян карда шуданд;

- моделсозии рақамии ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағийирии нақби гидротехникий ва тавсияҳо оид навъҳои такъягоҳӣ санг ҳангоми коркарди нақби САСТ-5 ва қатаркуҳҳои гуногун бо истифода аз лангарҳо;

- устувории нақби ёрирасон ҳангоми таъсири бори сейсмикии шиддатнокииаш 8-9 балл омӯҳта шуд;

- тавсияҳо оид ба интихоби навъҳои такъягоҳи санг бо истифода аз болтҳои лангар ва торкретбетон ғафсии 10 см барои қисмҳои гуногуни нақби гидротехникии САСТ-5-и НБО-и Рофун.

**Усулҳои тадқиқот.** Дар рисола усулҳои геологӣ, гидрогеологӣ, геодезӣ, экстензометрӣ, методҳои моделсозии аддии математикий ва геотехникий истифода шудаанд.

## Аннотация

на автореферат диссертации Холова Фазлиддин Аббосовича на тему: «*Воздействие гравитационных, тектонических и сейсмических усилий на напряженно-деформированное состояние крепи подходного тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС*», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.00 – *Строительство и архитектура (05.23.07 - Гидротехническое строительство)*

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

**Объектом диссертационного исследования** является подходной гидротехнический тоннель САСТ-5 Рогунской ГЭС

**Целью диссертационной работы** является выявление воздействия гравитационных и тектонических усилий на напряженно-деформированное состояние гидротехнического тоннеля САСТ-5 от влияния сейсмических усилий и рекомендации системы скальной крепи обеспечивающих устойчивость сооружения.

**Научная новизна исследований диссертационной работы включает в себя следующие результаты:**

- исследование геологических факторов, таких как Ионахшской разлом, литологические и геотехнические параметры горных пород, действующих на физико-механические параметры массива пород, залегающих вокруг гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС;

- численное моделирование напряженно-деформированного состояния гидротехнического тоннеля и разработки рекомендаций типов скальной крепи при проходке тоннеля САСТ-5 в различных горных массивах с использованием анкерных болтов;

- устойчивость гидротехнического тоннеля и несущей способности типов скальной крепи при воздействии сейсмических усилий интенсивностью от 8 до 9 баллов;

- рекомендации по выбору типов скальной крепи с использованием анкерных болтов торкретбетоном толщиной 10см для различных частей гидротехнического тоннеля САСТ-5 Рогунской ГЭС.

**Методы исследования** в диссертации использованы методы, геологические и гидрогеологические методы, геодезические и экстензометрические методы, метод моделирование, математические и геотехнические методы.

## Annotation

to the abstract of the dissertation of Kholov Fazliddin Abbosovich on the theme: "**Impact of gravitational, tectonic and seismic forces on the stress-strain state of the anchorage of the approach tunnel SAST-5 of Rogun HPP**", submitted for the degree of Candidate of Technical Sciences on the specialty **05.23.00 - Construction and architecture (05.23.07 - Hydraulic Engineering Construction)**

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

**The purpose of the** thesis work is to reveal the impact of gravitational and tectonic forces on the stress-strain state of the hydraulic tunnel SAST-5 from the influence of seismic forces and recommendations of the rock support system providing stability of the structure.

**The scientific novelty of the research of the thesis work includes the following results:**

- study of geological factors such as the Jonakhsh fault, lithological and geotechnical parameters of rocks affecting the physical and mechanical parameters of the rock mass lying around the hydro-technical tunnel SAST-5 of the Rogun HPP;

- numerical modeling of the stress-strain state of the hydraulic engineering tunnel and development of recommendations on the types of rock support during tunneling of the SAST-5 tunnel in different rock massifs using anchor bolts;

- stability of the hydraulic tunnel and bearing capacity of the rock support types under the influence of seismic forces with intensity from 8 to 9 points;

- recommendations on the selection of types of rock support with the use of anchor bolts with 10 cm thick shotcrete for different parts of the hydraulic tunnel SAST-5 of Rogun HPP.

**Methods of research** in the thesis used methods, geological and hydrogeological methods, geodetic and extensometric methods, modeling method, mathematical and geotechnical methods.