

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Мухамед Шаварш

Должность: Ректор

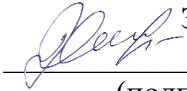
Дата подписания: 16.12.2025 07:32:22

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbcd797fa86865a3825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Д.МИЛЛИОНЩИКОВА

Кафедра «Бурение, разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

УТВЕРЖДЕН
на заседании кафедры
« 22 » 05 2025 г., протокол № 9
 Заведующий кафедрой
А.Ш. Халадов
(подпись)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Специальность

21.05.06 Нефтегазовая техника и технология

Специализация

«Реинжиниринг нефтяных скважин в геотермальные, эксплуатация и обслуживание»

Квалификация

Горный инженер

Год начала подготовки - 2025

Составитель  И.И. Алиев

Грозный – 2025

**ПАСПОРТ
ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1.	Введение в геотермальную энергетику	ПК-3	Коллоквиум, практическая работа, текущий контроль, зачет
2.	Технологии освоения ресурсов	ПК-3	Коллоквиум, практическая работа, текущий контроль, реферат, зачет
3.	Оборудование и эксплуатация	ПК-3	Коллоквиум, практическая работа, текущий контроль, реферат, зачет
4.	Упрощенное моделирование и оптимизация	ПК-3	Коллоквиум, практическая работа, текущий контроль, реферат, зачет
5.	Экономика и экология	ПК-3	Коллоквиум, практическая работа, текущий контроль, реферат, зачет

Перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	Практическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом	Комплект заданий для выполнения практических работ
3	Текущий контроль	Инструмент, с помощью которого оценивается степень достижения студентами требуемых знаний, умений и навыков. Составление теста включает в себя создание выверенной системы вопросов, собственно процедуру тестирования и способ измерения полученных результатов.	Вопросы к рубежным аттестациям
4	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического	Темы рефератов

		анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	
5	Зачет	Вид промежуточной аттестации предназначен для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения модуля дисциплины	Комплект вопросов к зачету и билетов

Вопросы для коллоквиума

Тема 1. Введение в геотермальную энергетику.

1. Основные понятия и типы геотермальных ресурсов (гидротермальные, петротермальные).
2. Потенциал РФ и мировые примеры (Исландия, Камчатка).
3. Геологическая основа: тектоника плит, тепловой поток Земли, структура резервуаров.

Тема 2. Технологии освоения ресурсов.

1. Системы для низкопотенциальных источников: тепловые насосы, грунтовые теплообменники.
2. Высокотемпературные технологии: флэш-системы, бинарные циклы.

Тема 3. Оборудование и эксплуатация.

1. Скважинное оборудование: конструкции, материалы, борьба с коррозией и солеотложением.
2. Поверхностные системы: сепараторы, турбины, теплообменники.

Тема 4. Упрощенное моделирование и оптимизация.

1. Основы математического моделирования: стационарные и нестационарные режимы.
2. Оптимизация параметров: дебит скважин, размещение теплообменников.

Тема 5. Экономика и экология.

1. Техничко-экономическая оценка проектов: CAPEX/OPEX, срок окупаемости.
2. Экологические аспекты: минимизация выбросов H_2S , контроль индуцированной сейсмичности.

Критерии оценки.

- **5 баллов** выставляется студенту, если: исчерпывающе владеет материалом в рамках программы; демонстрирует глубокое, системное понимание предмета, выходит за рамки простого воспроизведения; свободно применяет знания в нестандартных ситуациях, предлагает собственные примеры, видит междисциплинарные связи. Решает сложные задачи; ответ представляет собой связный, логичный монолог. Студент легко поддерживает дискуссию.
- **4 балла** выставляется студенту, если: уверенно владеет основным материалом без существенных ошибок; понимает и может объяснить взаимосвязи между ключевыми понятиями; может применять знания для решения стандартных задач и обосновывать свои шаги; приводит примеры, возможно, не самые удачные; ответ структурирован, логичен и самостоятелен.
- **3 балла** выставляется студенту, если: воспроизводит основную часть материала (определения, ключевые тезисы), но допускает незначительные ошибки; понимает основную логику темы, но затрудняется в деталях и примерах; может решить типовую задачу, но затрудняется с модификациями или нестандартными условиями; ответ логичен, но неполон. Студент нуждается в наводящих вопросах для раскрытия темы.

- **2 балла** выставляется студенту, если: знает основные определения и формулы, но воспроизводит их с трудом и неточно; понимает тему на поверхностном уровне. Не видит связей между понятиями; может решить типовую задачу по образцу, но с ошибками или с помощью экзаменатора. Не может аргументировать свои выводы; ответ несвязный, с длительными паузами.
- **1 балл** выставляется студенту, если: узнает тему, но не может системно изложить материал. Знает лишь отдельные, простейшие факты; попытки ответить неуверенны, бессистемны; не может ответить на наводящие вопросы.
- **0 баллов** выставляется студенту, если: демонстрирует фрагментарные, отрывочные знания; не может сформулировать основные понятия; ответ отсутствует или не по существу; грубые фактические ошибки.

Задания для выполнения практических работ

Практическое занятие № 1. Анализ карт теплового потока РФ.

Практическое занятие № 2. Виртуальная экскурсия на Мутновскую ГеоЭС

Практическое занятие № 3. Расчет КПД теплового насоса на примере Тюменского месторождения.

Практическое занятие № 4. Разбор кейса: геотермальное теплоснабжение поселка

Практическое занятие № 5. Изучение макета скважины и ТНУ

Практическое занятие № 6. Расчет температурного поля вокруг скважины в Excel/Python.

Практическое занятие № 7. Анализ влияния грунтовых вод на эффективность системы.

Практическое занятие № 8. Рассмотрение геотермального проекта (анализ сильных и слабых мест в проекте)

Образец практического занятия

Практическое занятие № 4. Работа с системами мониторинга

Разберем кейс внедрения геотермального теплоснабжения поселка максимально подробно, рассмотрев все ключевые аспекты: технологию, экономику, экологию, реализацию и подводные камни.

1. Суть проекта:

Цель: полностью или частично обеспечить отопление и горячее водоснабжение (ГВС) жилого поселка (например, на 500-2000 жителей) за счет тепловой энергии недр Земли, заменив или существенно сократив использование ископаемого топлива (газ, уголь, дизель).

Технология: использование низкопотенциальной геотермальной энергии (температура теплоносителя обычно 40-100°C) через систему геотермальных скважин и тепловых насосов (или напрямую, если температура достаточна).

2. Ключевые компоненты системы:

Геотермальный ресурс:

- а) Тип: Гидротермальный (горячие подземные воды в пластах-коллекторах) или петротермальный (нагрев твердых пород, требует создания искусственного резервуара – EGS, Enhanced Geothermal Systems). Для поселков чаще доступны гидротермальные ресурсы.
- б) Разведка: требуются детальные геолого-геофизические изыскания, пробное бурение разведочных скважин для оценки температуры, дебита (расхода воды), минерализации, химического состава воды, давления в пласте.
- в) Скважины:
 - Добывающие (продуктивные): 1-3 скважины для забора горячей воды/пара из пласта. Глубина от сотен метров до 2-3 км.

- Нагнетательные: 1-3 скважины для закачки остывшего теплоносителя обратно в пласт. Крайне важны для поддержания пластового давления и экологической безопасности (предотвращение оседания грунта, загрязнения верхних водоносных горизонтов). Система «добыча-закачка» образует замкнутый контур.

Теплообменный контур и Система подготовки теплоносителя:

- а) Первичный контур: Трубопроводы от скважин до теплообменников/тепловых насосов. Требуется термостойких и коррозионностойких материалов (особенно при высокой минерализации или агрессивном составе воды).
- б) Очистка/Подготовка: Фильтры, дегазаторы, умягчители (при необходимости) для защиты оборудования от отложений и коррозии.
- в) Промежуточный теплообменник (если требуется): разделяет агрессивный геотермальный теплоноситель и чистый контур системы теплоснабжения.

Тепловые насосы (ТН) (Ключевой элемент для низкотемпературных ресурсов):

- а) Назначение: «Повышают» температуру низкопотенциального тепла (40-70°C) до уровня, пригодного для систем отопления (70-90°C) и ГВС (50-60°C). Работают на электричестве.
- б) Коэффициент преобразования (COP): Показывает эффективность (например, COP=4 означает, что на 1 кВт затраченной электроэнергии ТН выдает 4 кВт тепловой энергии). Высокий COP критичен для экономики.

Система распределения тепла:

- а) Тепловые сети: Традиционные трубопроводы (надземные или подземные) от центральной геотермальной станции к потребителям (домам). Требуется качественная теплоизоляция.
- б) Тепловые пункты: Индивидуальные (ИТП) в каждом доме или центральные (ЦТП) для группы домов. Регулируют подачу тепла в зависимости от наружной температуры и потребностей.
- Система управления и автоматизации (АСУ ТП): Контроль параметров скважин, работы ТН, температуры в сетях, давления, управление насосами, аварийная сигнализация.

Критерии оценки (в рамках первой и второй текущей аттестации)

Регламентом БРС ГГНТУ предусмотрено в сумме 25 баллов за первую и вторую текущую аттестацию. Критерии оценки разработаны, исходя из деления баллов: за правильное оформление практических (лабораторных) работ – 5 баллов; за выполнение практических (лабораторных) работ – 20 баллов.

- **0 баллов** выставляется студенту, если не выполнены ключевые элементы работы, допущены грубые ошибки или нарушены правила безопасности, что препятствует получению верных выводов.
- **1-9 баллов** выставляется студенту, если выполнена основная часть работы, допущены ошибки или недочеты, исправление которых возможно.
- **10-19 баллов** выставляется студенту, если работа выполнена правильно, но с незначительными недочетами или одной негрубой ошибкой.
- **20-25 баллов** выставляется студенту, если работа выполнена полностью, без ошибок, самостоятельно и качественно.

Баллы за текущую аттестацию выводятся как средний балл по всем практическим заданиям и/или лабораторным работам.

Темы для самостоятельного изучения

1. Геотермальные ресурсы РФ.
2. Сравнение геотермальной энергетики с другими ВИЭ (солнечная, ветровая) по ключевым параметрам (потенциал, КПД, стабильность, экология, стоимость).

3. Применение геотермальных тепловых насосов (ГТН) для отопления/охлаждения отдельных зданий (частный дом, школа, офис).
4. Утилизация попутного тепла нефтяных/газовых скважин для локальных нужд (теплоснабжение поселков, подогрев нефти в трубопроводах).
5. Проблемы коррозии и солеотложения в геотермальных скважинах и оборудовании: причины, последствия, методы борьбы.
6. Особенности конструкции геотермальной скважины (на примере Мутновской или Паужетской ГеоЭС).
7. Анализ влияния дебита геотермальной скважины на ее температуру и долговечность (на основе простых моделей или литературных данных).
8. Оптимизация расстояния между скважинами в петле грунтового теплообменника для теплового насоса.
9. Расчет срока окупаемости (РВР) геотермального теплового насоса для частного дома в вашем городе.
10. Экологические риски геотермальной энергетики: выбросы газов (H_2S , CO_2), шум, использование земель, индуцированная сейсмичность (на примере конкретного объекта).

Перечень тем для реферата

1. Современные методы бурения скважин для добычи термальных вод.
2. Теплообменники для утилизации тепла термальных вод: типы и эффективность.
3. Влияние трещиноватости пород на продуктивность геотермальных резервуаров.
4. Методы обратной закачки термальных вод для поддержания пластового давления.
5. Экологические риски добычи термальных вод и способы их минимизации.
6. Загрязнение тяжелыми металлами при эксплуатации геотермальных систем.
7. Нормативно-правовое регулирование геотермальной отрасли в России и за рубежом.
8. Экономическая эффективность геотермальных проектов: сравнение с другими ВИЭ.
9. Перспективы использования низкопотенциальных термальных вод в сельском хозяйстве.
10. Геотермальные ресурсы Камчатки: потенциал и проблемы освоения.
11. Опыт Исландии в использовании термальных вод для энергоснабжения.
12. Возможности развития геотермальной энергетики в Краснодарском крае.
13. Возможности развития геотермальной энергетики на Северном Кавказе.
14. Химический состав термальных вод и его влияние на коррозию оборудования.
15. Гибридные системы: сочетание геотермальной и солнечной энергетики.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов

1. Э. Берман. Геотермальная энергия. — Москва: Мир, 1978. — 416 с. — URL: <https://gildiam.ru/Portals/0/doc/literature/Geotermalnaya%20energiya.pdf>.
2. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии: монография /А.Б. Алхасов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 376 с. — ISBN 978-5-9221-0976-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/49088>.
3. Гидрогеотермия. — Москва: Недра, 1976. — 280 с. — URL: <https://www.geokniga.org/books/1926>.
4. Геотермальная энергетика: технологии и экология / Под ред. А.И. Шестакова. — М.: Энергоатомиздат, 2020.
5. Богуславский Э.И. Освоение тепловой энергии недр [Электронный ресурс]: монография. — СПб.: Научное издание, 2020. — 435 с. <https://publishing.intelgr.com/archive/osvoenie-teplovoy-energii-nedr.pdf>.

Регламентом БРС ГГНТУ предусмотрено до 10 баллов за самостоятельную работу.

Критериями оценки реферата являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

- Новизна текста:**
- а) актуальность темы исследования;
 - б) новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы в установлении новых связей (межпредметных, внутрипредметных, интеграционных);
 - в) наличие авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений.

Обоснованность выбора источников литературы: оценка использованной литературы: привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. журнальные публикации последних лет, последние статистические данные, сводки, справки и т.д.).

Степень раскрытия сущности вопроса:

- а) соответствие плана теме реферата;
- б) соответствие содержания теме и плану реферата;
- в) обоснованность способов и методов работы с материалом, способность его систематизировать и структурировать;
- г) полнота и глубина знаний по теме;
- е) умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по одному вопросу (проблеме).

Соблюдение требований к оформлению: насколько верно оформлены ссылки на используемую литературу, список литературы; оценка грамотности и культуры изложения (в т.ч. орфографической, пунктуационной, стилистической культуры, единство жанровых черт); владение терминологией; соблюдение требований к объёму реферата.

Оценка «**отлично**» (10 баллов) выставляется студенту, если работа выполнена на высоком уровне, соответствует всем требованиям, тема раскрыта полностью.

Оценка «**хорошо**» (от 7 до 9 баллов) выставляется студенту, если работа выполнена в целом хорошо, но есть незначительные недочеты (небольшие ошибки, упущения, нарушения в оформлении).

Оценка «**удовлетворительно**» (от 4 до 6 баллов) выставляется студенту, если содержание работы не полностью соответствует требованиям, есть значительные недочеты.

Оценка «**неудовлетворительно**» (от 0 до 3 баллов) выставляется студенту, если работа не выполнена или содержит грубые ошибки, студент не может ответить на вопросы по теме.

Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Основной источник геотермальной энергии:
2. К какому типу ресурсов относится месторождение с температурой флюида 180°C в пористом коллекторе?
3. Гидротермальные ресурсы характеризуются:
4. Петротермальные ресурсы (EGS/HDR) требуют:
5. Регион РФ с наибольшим потенциалом для высокотемпературной геотермальной энергетики:
6. Пример страны, где геотермальная энергия покрывает >90% потребностей в теплоснабжении:
7. Геотермальные аномалии наиболее характерны для зон:
8. Какой элемент геотермальной системы выполняет роль «крышки», удерживая теплоноситель?
9. Основной принцип работы геотермального теплового насоса (ТН):
10. Вертикальный грунтовой теплообменник для ТНУ представляет собой:

11. Коэффициент преобразования (COP) теплового насоса 4 означает, что:
12. Технология «флэш», используемая на Мутновской ГеоЭС, основана на:
13. Ключевое преимущество бинарного цикла (ORC/Kalin A.:
14. В бинарном цикле геотермальный флюид:
15. Пример ГеоЭС в РФ, использующей бинарный цикл:
16. Основная область применения низкопотенциальных геотермальных ресурсов с использованием ТНУ:
17. Прямое использование геотермальных вод НЕ включает:
18. Какой тип геотермального ресурса преобладает на большей части территории РФ (кроме вулканических зон)?
19. Роль тектоники плит в геотермальной энергетике:
20. Коллектор в геотермальной системе - это:
21. Тепловой поток Земли в областях древних платформ (например, Сибирская платформа):
22. Какой газ часто сопутствует высокотемпературным геотермальным флюидам и требует очистки?
23. Основной продукт геотермальных электростанций флэш-цикла:
24. Для какого типа ресурсов бинарный цикл является НАИБОЛЕЕ предпочтительным?
25. Прямое использование геотермальных вод на Кавказе преимущественно связано с:

Вопросы ко второй рубежной аттестации

1. Основная проблема материалов в геотермальных скважинах из-за агрессивного химического состава флюидов:
2. Для борьбы с солеотложением (напр., SiO_2) в скважинах НЕ применяют:
3. Ключевой элемент поверхностного оборудования на флэш-ГеоЭС, разделяющий пар и воду:
4. Турбина на бинарной ГеоЭС вращается за счет:
5. Основная цель закачки отработанного геотермального флюида:
6. Стационарный режим моделирования геотермальной системы предполагает:
7. Нестационарный режим моделирования учитывает:
8. Оптимизация дебита скважины направлена на поиск баланса между:
9. При оптимизации размещения вертикальных грунтовых теплообменников (ГТО) для ТНУ ключевой фактор - избежать:
10. Наибольшую долю в капитальных затратах (CAPEX) геотермального проекта обычно составляют:
11. Эксплуатационные затраты (OPEX) геотермальной электростанции по сравнению с ТЭЦ на ископаемом топливе обычно:
12. Срок окупаемости (PBP) проекта - это:
13. Уровнезированная стоимость электроэнергии (LCOE) учитывает:
14. Основной экологический риск высокотемпературной геотермальной энергетики, связанный с составом флюида:
15. Для минимизации выбросов H_2S на ГеоЭС применяют:
16. Индуцированная сейсмичность при разработке геотермальных ресурсов чаще всего связана с:
17. Принцип «Zero Liquid Discharge» (ZLD) в геотермальной энергетике подразумевает:
18. Какой материал обсадных труб НАИБОЛЕЕ устойчив к коррозии в агрессивной геотермальной среде?
19. Основная функция теплообменника в бинарной ГеоЭС:
20. Почему падение температуры в геотермальном пласте является критическим фактором для экономики проекта?
21. Что из перечисленного НЕ относится к основным проблемам эксплуатации геотермальных скважин?

22. Основная причина необходимости борьбы с солеотложением в скважинах и поверхностном оборудовании:
23. Какой параметр при моделировании ГТО для ТНУ оптимизируют, чтобы избежать «теплового истощения» грунта?
24. Что означает аббревиатура CAPEX?
25. Устойчивая разработка геотермального месторождения для долгосрочной генерации требует

Критерии оценивания результатов рубежных аттестаций

Регламентом БРС ГГНТУ предусмотрено 15 баллов за рубежную аттестацию.

Оценка «**отлично**» (15 баллов) выставляется студенту, если количество правильных ответов от 90 до 100 %.

Оценка «**хорошо**» (от 10 до 14 баллов) выставляется студенту, если количество правильных ответов от 76 до 89 %.

Оценка «**удовлетворительно**» (от 5 до 9 баллов) выставляется студенту, если количество правильных ответов от 61 до 75 %.

Оценка «**неудовлетворительно**» (от 0 до 4 баллов) выставляется студенту, если количество правильных ответов менее 60 %.

Вопросы к зачету

1. Основные понятия и типы геотермальных ресурсов (гидротермальные, петротермальные).
2. Потенциал РФ и мировые примеры (Исландия, Камчатка).
3. Геологическая основа: тектоника плит, тепловой поток Земли, структура резервуаров.
4. Системы для низкопотенциальных источников: тепловые насосы.
5. Системы для низкопотенциальных источников: грунтовые теплообменники.
6. Высокотемпературные технологии: флэш-системы, бинарные циклы.
7. Скважинное оборудование: конструкции и материалы
8. Скважинное оборудование: борьба с коррозией и солеотложением.
9. Поверхностные системы: сепараторы, турбины, теплообменники.
10. Основы математического моделирования: стационарные режимы.
11. Основы математического моделирования: нестационарные режимы.
12. Оптимизация параметров: дебит скважин.
13. Оптимизация параметров: размещение теплообменников.
14. Технико-экономическая оценка проектов: CAPEX/OPEX, срок окупаемости.
15. Экологические аспекты: минимизация выбросов H_2S , контроль индуцированной сейсмичности.

Критерии оценивания вопросов к зачету

- оценка «**зачтено**» (от 11 до 20 баллов) выставляется студенту, если значительная часть материала была изложена, но ответ был поверхностным; допущены отдельные грубые фактические ошибки, а также в случае отсутствия четкой структуры, логики ответа и навыка грамотной речи.;
- оценка «**не зачтено**» (от 0 до 10 баллов) выставляется при наличии только фрагментарных знаний; допуске грубых фактических ошибок или если не отвечает по вопросам билета.

**Контрольно-измерительные материалы к дисциплине
«Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»**

Тесты

Первая рубежная аттестация
по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Тест № 1

1. Основной источник геотермальной энергии:
 - A. Солнечное излучение
 - B. Радиогенное тепло недр Земли + остаточное тепло аккреции
 - C. Приливные силы Луны
 - D. Химические реакции в мантии

2. Петротермальные ресурсы (EGS/HDR) требуют:
 - A. Бурения только одной скважины
 - B. Создания искусственной проницаемости (гидроразрыв) между нагнетательной и добывающей скважинами
 - C. Использования только пара из недр
 - D. Отсутствия закачки воды

3. Геотермальные аномалии наиболее характерны для зон:
 - A. Древних платформ
 - B. Границ литосферных плит
 - C. Центров континентов
 - D. Областей с толстой земной корой

4. Вертикальный грунтовый теплообменник для ТНУ представляет собой:
 - A. Трубы, проложенные горизонтально в траншеях
 - B. U-образные зонды, опущенные в глубокие скважины
 - C. Открытые водоемы (озера, реки)
 - D. Систему воздухопроводов

5. Ключевое преимущество бинарного цикла (ORC/Kalin A.):
 - A. Работа с высокотемпературными ($>250^{\circ}\text{C}$. ресурсами
 - B. Возможность использования низко- и среднетемпературных ресурсов и замкнутый контур рабочего тела
 - C. Простота конструкции и низкая стоимость
 - D. Отсутствие необходимости в нагнетании отработанного флюида

6. Основная область применения низкопотенциальных геотермальных ресурсов с использованием ТНУ:
 - A. Крупная генерация электроэнергии ($>100\text{ МВт}$)
 - B. Отопление и охлаждение отдельных зданий и комплексов
 - C. Промышленные процессы с высокими температурами
 - D. Транспорт

7. Роль тектоники плит в геотермальной энергетике:
 - A. Определяет размещение основных ресурсов в зонах вулканизма и рифтогенеза
 - B. Не имеет значения
 - C. Влияет только на климат, а не на геотермию
 - D. Создает только низкопотенциальные ресурсы

8. Какой газ часто сопутствует высокотемпературным геотермальным флюидам и требует очистки?
- A. Кислород (O_2)
 - B. Азот (N_2)
 - C. Сероводород (H_2S)
 - D. Гелий (He)
9. Какой тип геотермального ресурса преобладает на большей части территории РФ (кроме вулканических зон)?
- A. Высокотемпературные гидротермальные
 - B. Петротермальные (EGS)
 - C. Низкопотенциальные гидротермальные
 - D. Магматические
10. Прямое использование геотермальных вод на Кавказе преимущественно связано с:
- A. Генерацией электроэнергии
 - B. Промышленным производством
 - C. Бальнеологией и рекреацией (курорты)
 - D. Опреснением воды

Студент гр. ____ - ____

Ф.И.О.

роспись студента

Дата проведения аттестации «__» _____ 202__ г.

Преподаватель _____

Ф.И.О.

Количество баллов за аттестацию «__»

роспись преподавателя

Первая рубежная аттестация
по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Тест № 2

1. К какому типу ресурсов относится месторождение с температурой флюида 180°C в пористом коллекторе?
А. Низкопотенциальные (<90°C.
В. Среднетемпературные (90-150°C.
С. Высокотемпературные (>150°C.
D. Петротермальные (HDR/EGS)
2. Петротермальные ресурсы (EGS/HDR) требуют:
А. Бурения только одной скважины
В. Создания искусственной проницаемости (гидроразрыв) между нагнетательной и добывающей скважинами
С. Использования только пара из недр
D. Отсутствия закачки воды
3. Регион РФ с наибольшим потенциалом для высокотемпературной геотермальной энергетики:
А. Центральная Россия (Московская область)
В. Западная Сибирь (Тюменская область)
С. Камчатка и Курильские острова
D. Уральские горы
4. Какой элемент геотермальной системы выполняет роль "крышки", удерживая теплоноситель?
А. Коллектор
В. Источник тепла (магматический очаг)
С. Флюидоупор (покрышка)
D. Теплоноситель
5. Коэффициент преобразования (COP) теплового насоса 4 означает, что:
А. 75% энергии - потери
В. На 1 кВт затраченной электроэнергии вырабатывается 4 кВт тепловой энергии
С. КПД системы составляет 4%
D. Насос потребляет 4 кВт на 1 кВт тепла
6. В бинарном цикле геотермальный флюид:
А. Непосредственно вращает турбину
В. Отдает тепло вторичному рабочему телу через теплообменник
С. Сбрасывается в атмосферу после использования
D. Смешивается с рабочим телом
7. Прямое использование геотермальных вод НЕ включает:
А. Бальнеологию (курорты Кавказа)
В. Подогрев грунта в теплицах
С. Сушку сельхозпродукции
D. Прямое вращение турбины для генерации электроэнергии (Верно - это преобразование, а не прямое использование)

8. Какой тип геотермального ресурса преобладает на большей части территории РФ (кроме вулканических зон)?
- A. Высокотемпературные гидротермальные
 - B. Петротермальные (EGS)
 - C. Низкопотенциальные гидротермальные
 - D. Магматические
9. Коллектор в геотермальной системе - это:
- A. Источник тепла в недрах
 - B. Покрывающая непроницаемая порода
 - C. Проницаемая горная порода, содержащая и передающая теплоноситель
 - D. Скважинное оборудование
10. Основной продукт геотермальных электростанций флэш-цикла:
- A. Горячая вода для отопления
 - B. Пар, вращающий турбину для генерации электроэнергии
 - C. Сжатый природный газ
 - D. Жидкое биотопливо

Студент гр. ____ - ____

Ф.И.О.

роспись студента

Дата проведения аттестации «__» _____ 202__ г.

Преподаватель _____

Ф.И.О.

Количество баллов за аттестацию «_____»

роспись преподавателя

Первая рубежная аттестация
по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Тест № 3

1. Гидротермальные ресурсы характеризуются:
 - A. Наличием естественного подземного теплоносителя (вода/пар) в коллекторе
 - B. Отсутствием природного флюида, требующим создания искусственного
 - C. Использованием исключительно тепла сухих вулканических пород
 - D. Применением только для отопления зданий
2. Регион РФ с наибольшим потенциалом для высокотемпературной геотермальной энергетики:
 - A. Центральная Россия (Московская область)
 - B. Западная Сибирь (Тюменская область)
 - C. Камчатка и Курильские острова
 - D. Уральские горы
3. Пример страны, где геотермальная энергия покрывает >90% потребностей в теплоснабжении:
 - A. США
 - B. Китай
 - C. Исландия
 - D. Бразилия
4. Основной принцип работы геотермального теплового насоса (ТН):
 - A. Непосредственное сжигание геотермального флюида
 - B. Использование холодильного цикла для «перекачки» низкопотенциального тепла в высокопотенциальное
 - C. Прямая подача пара из скважины в систему отопления
 - D. Генерация электричества для питания котлов
5. Технология «флэш», используемая на Мутновской ГеоЭС, основана на:
 - A. Прямой подаче сухого пара на турбину
 - B. Снижении давления геотермальной воды для получения пара
 - C. Испарении вторичного рабочего тела в теплообменнике
 - D. Использовании тепла исключительно для отопления
6. Пример ГеоЭС в РФ, использующей бинарный цикл:
 - A. Паужетская
 - B. Мутновская
 - C. Верхне-Мутновская
 - D. Океанская (Кунашир)
7. Какой тип геотермального ресурса преобладает на большей части территории РФ (кроме вулканических зон)?
 - A. Высокотемпературные гидротермальные
 - B. Петротермальные (EGS)
 - C. Низкопотенциальные гидротермальные
 - D. Магматические

8. Тепловой поток Земли в областях древних платформ (например, Сибирская платформа):
- A. Значительно выше среднего (~ 100 мВт/м²)
 - B. Значительно ниже среднего (< 40 мВт/м²)
 - C. Равен среднему (~ 65 мВт/м²)
 - D. Не измеряется
9. Для какого типа ресурсов бинарный цикл является НАИБОЛЕЕ предпочтительным?
- A. Высокотемпературные ($> 250^\circ\text{C}$. с сухим паром)
 - B. Средне- и низкотемпературные ($90-180^\circ\text{C}$.
 - C. Петротермальные (EGS) с очень высокими температурами
 - D. Ресурсы с очень низкой минерализацией
10. Прямое использование геотермальных вод на Кавказе преимущественно связано с:
- A. Генерацией электроэнергии
 - B. Промышленным производством
 - C. Бальнеологией и рекреацией (курорты)
 - D. Опреснением воды

Студент гр. ____ - ____

Ф.И.О.

роспись студента

Дата проведения аттестации « ____ » _____ 202__ г.

Преподаватель _____

Ф.И.О.

Количество баллов за аттестацию « ____ »

роспись преподавателя

Вторая рубежная аттестация
по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Тест № 1

1. Основная проблема материалов в геотермальных скважинах из-за агрессивного химического состава флюидов:
 - A. Низкое давление
 - B. Высокая температура
 - C. Коррозия и солеотложение
 - D. Вибрация
2. Турбина на бинарной ГеоЭС вращается за счет:
 - A. Прямого воздействия геотермального пара
 - B. Пара или газа, полученного при испарении вторичного рабочего тела
 - C. Горячей геотермальной воды под давлением
 - D. Электрического двигателя
3. Нестационарный режим моделирования учитывает:
 - A. Только пространственное распределение параметров
 - B. Изменение параметров (P, T, дебит) во времени
 - C. Только экономические факторы
 - D. Постоянство температуры коллектора
4. Наибольшую долю в капитальных затратах (CAPEX) геотермального проекта обычно составляют:
 - A. Затраты на поверхностное оборудование (турбины, сепараторы)
 - B. Затраты на проектирование и экологические изыскания
 - C. Затраты на разведку и бурение скважин
 - D. Зарплата оперативного персонала
5. Уровнизированная стоимость электроэнергии (LCOE) учитывает:
 - A. Только капитальные затраты (CAPEX)
 - B. Только эксплуатационные затраты (OPEX)
 - C. Все затраты за весь срок жизни проекта и всю произведенную энергию
 - D. Текущую рыночную цену электроэнергии
6. Индуцированная сейсмичность при разработке геотермальных ресурсов чаще всего связана с:
 - A. Отбором флюида
 - B. Закачкой флюида под высоким давлением (особенно в EGS)
 - C. Строительством зданий станции
 - D. Работой турбин
7. Основная функция теплообменника в бинарной ГеоЭС:
 - A. Генерировать пар из геотермального флюида
 - B. Передавать тепло от геотермального флюида к вторичному рабочему телу
 - C. Разделять пар и воду
 - D. Охлаждать отработанный пар турбины
8. Основная причина необходимости борьбы с солеотложением в скважинах и поверхностном оборудовании:

- A. Улучшение химического состава флюида
 - B. Снижение выбросов CO₂
 - C. Уменьшение проходного сечения и теплообмена, рост гидравлических сопротивлений
 - D. Увеличение эстетической привлекательности
9. Устойчивая разработка геотермального месторождения для долгосрочной генерации требует:
- A. Максимального отбора флюида в первые годы
 - B. Системы мониторинга и управления, включая закачку
 - C. Полного отказа от закачки
 - D. Использования только одной скважины
10. Почему падение температуры в геотермальном пласте является критическим фактором для экономики проекта?
- A. Увеличивает скорость коррозии
 - B. Снижает эффективность преобразования энергии и выработку станции
 - C. Увеличивает минерализацию флюида
 - D. Требуется замены насосов

Студент гр. ____ - ____ _____
Ф.И.О.

ропись студента

Дата проведения аттестации « ____ » _____ 202__ г.

Преподаватель _____
Ф.И.О.

Количество баллов за аттестацию « ____ »

ропись преподавателя

Вторая рубежная аттестация
по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Тест № 2

1. Для борьбы с солеотложением (напр., SiO_2) в скважинах НЕ применяют:
А. Ингибиторы
В. Периодические кислотные обработки
С. Уменьшение дебита
D. Повышение давления в стволе
2. Основная цель закачки отработанного геотермального флюида:
А. Увеличение выработки электроэнергии
В. Поддержание пластового давления и минимизация экологического ущерба
С. Охлаждение оборудования
D. Утилизация отходов бурения
3. Оптимизация дебита скважины направлена на поиск баланса между:
А. Минимальной стоимостью бурения и максимальной глубиной
В. Максимальной мгновенной выработкой и риском быстрого остывания пласта/скважины
С. Размерами оборудования и цветом окраски
D. Скоростью бурения и качеством керна
4. Эксплуатационные затраты (OPEX) геотермальной электростанции по сравнению с ТЭЦ на ископаемом топливе обычно:
А. Значительно выше
В. Сопоставимы
С. Значительно ниже (отсутствие затрат на топливо)
D. Непредсказуемы
5. Срок окупаемости (PBP) проекта - это:
А. Время строительства объекта
В. Период, за который суммарные доходы сравниваются с суммарными затратами (CAPEX)
С. Срок службы основного оборудования
D. Время выхода на проектную мощность
6. Основной экологический риск высокотемпературной геотермальной энергетики, связанный с составом флюида:
А. Шумовое загрязнение
В. Выбросы парниковых газов (CO_2 , CH_4) и токсичных газов (H_2S)
С. Радиоактивное загрязнение
D. Световое загрязнение
7. Нестационарный режим моделирования учитывает:
А. Только пространственное распределение параметров
В. Изменение параметров (P, T, дебит) во времени
С. Только экономические факторы
D. Постоянство температуры коллектора
8. Принцип «Zero Liquid Discharge» (ZLD) в геотермальной энергетике подразумевает:
А. Отсутствие потребления воды извне
В. Полную закачку отработанного геотермального флюида обратно в пласт

- С. Использование только воздуха для охлаждения
- Д. Отсутствие сточных вод от бытовых нужд персонала

9. Почему падение температуры в геотермальном пласте является критическим фактором для экономики проекта?

- А. Увеличивает скорость коррозии
- В. Снижает эффективность преобразования энергии и выработку станции
- С. Увеличивает минерализацию флюида
- Д. Требуется замены насосов

10. Какой параметр при моделировании ГТО для ТНУ оптимизируют, чтобы избежать «теплового истощения» грунта?

- А. Глубину заложения труб
- В. Расстояние между соседними скважинами/зондами
- С. Диаметр труб
- Д. Скорость прокачки теплоносителя

Студент гр. ____ - ____ _____
Ф.И.О.

ропись студента

Дата проведения аттестации «__» _____ 202__ г.

Преподаватель _____
Ф.И.О.

Количество баллов за аттестацию «____»

ропись преподавателя

Вторая рубежная аттестация
по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Тест № 3

1. Ключевой элемент поверхностного оборудования на флэш-ГеоЭС, разделяющий пар и воду:
А. Турбина
В. Теплообменник
С. Сепаратор
D. Градирня
2. Стационарный режим моделирования геотермальной системы предполагает:
А. Постоянное изменение параметров (Р, Т) во времени
В. Неизменность параметров (Р, Т) во времени
С. Только начальный этап разработки
D. Только катастрофические события
3. Турбина на бинарной ГеоЭС вращается за счет:
А. Прямого воздействия геотермального пара
В. Пара или газа, полученного при испарении вторичного рабочего тела
С. Горячей геотермальной воды под давлением
D. Электрического двигателя
4. При оптимизации размещения вертикальных грунтовых теплообменников (ГТО) для ТНУ ключевой фактор - избежать:
А. Коррозии труб
В. Чрезмерного теплового влияния («теплового ореола») соседних контуров
С. Попадания в грунтовые воды
D. Использования нержавеющей стали
5. Срок окупаемости (РВР) проекта - это:
А. Время строительства объекта
В. Период, за который суммарные доходы сравниваются с суммарными затратами (CAPEX)
С. Срок службы основного оборудования
D. Время выхода на проектную мощность
6. Для минимизации выбросов H_2S на ГеоЭС применяют:
А. Сброс газа в атмосферу без обработки
В. Системы очистки (абсорберы, адсорберы, установки Клауса)
С. Увеличение дебита скважин
D. Разбавление водой
7. Какой материал обсадных труб НАИБОЛЕЕ устойчив к коррозии в агрессивной геотермальной среде?
А. Обычная углеродистая сталь
В. Пластик (ПВХ)
С. Дуплексная нержавеющая сталь
D. Чугун
8. Что из перечисленного НЕ относится к основным проблемам эксплуатации геотермальных скважин?

- A. Коррозия
- B. Солеотложение (скейлинг)
- C. Падение температуры и давления
- D. Обледенение устья зимой

9. Что означает аббревиатура CAPEX?

- A. Текущие производственные расходы
- B. Эксплуатационные расходы
- C. Капитальные затраты
- D. Стоимость земли

10. Какой параметр при моделировании ГТО для ТНУ оптимизируют, чтобы избежать «теплового истощения» грунта?

- A. Глубину заложения труб
- B. Расстояние между соседними скважинами/зондами
- C. Диаметр труб
- D. Скорость прокачки теплоносителя

Студент гр. ____ - ____ _____
Ф.И.О.

роспись студента

Дата проведения аттестации « ____ » _____ 202__ г.

Преподаватель _____
Ф.И.О.

Количество баллов за аттестацию « ____ »

роспись преподавателя

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.
Миллионщикова
Институт «Нефти и газа»
Группа «НТТР-__» Семестр «__»
Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»
Билет № 1

1. Экологические аспекты: минимизация выбросов H_2S , контроль индуцированной сейсмичности.
2. Системы для низкопотенциальных источников: грунтовые теплообменники.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.
Миллионщикова
Институт «Нефти и газа»
Группа «НТТР-__» Семестр «7»
Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»
Билет № 2

1. Основные понятия и типы геотермальных ресурсов (гидротермальные, петротермальные).
2. Поверхностные системы: сепараторы, турбины, теплообменники.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.
Миллионщикова
Институт «Нефти и газа»
Группа «НТТР-__» Семестр «7»
Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»
Билет № 3

1. Системы для низкопотенциальных источников: грунтовые теплообменники.
2. Потенциал РФ и мировые примеры (Исландия, Камчатка).

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.
Миллионщикова
Институт «Нефти и газа»
Группа «НТТР-__» Семестр «7»
Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»
Билет № 4

1. Основы математического моделирования: нестационарные режимы.
2. Высокотемпературные технологии: флэш-системы, бинарные циклы.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.

Миллионщикова

Институт «Нефти и газа»

Группа «НТТР-___» Семестр «7»

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Билет № 5

1. Потенциал РФ и мировые примеры (Исландия, Камчатка).
2. Системы для низкопотенциальных источников: грунтовые теплообменники.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.

Миллионщикова

Институт «Нефти и газа»

Группа «НТТР-___» Семестр «7»

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Билет № 6

1. Скважинное оборудование: борьба с коррозией и солеотложением.
2. Геологическая основа: тектоника плит, тепловой поток Земли, структура резервуаров.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.

Миллионщикова

Институт «Нефти и газа»

Группа «НТТР-___» Семестр «7»

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Билет № 7

1. Системы для низкопотенциальных источников: грунтовые теплообменники.
2. Скважинное оборудование: конструкции и материалы.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.

Миллионщикова

Институт «Нефти и газа»

Группа «НТТР-___» Семестр «7»

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Билет № 8

1. Поверхностные системы: сепараторы, турбины, теплообменники.
2. Экологические аспекты: минимизация выбросов H_2S , контроль индуцированной сейсмичности.

Подпись преподавателя _____ Подпись заведующего кафедрой _____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.

Миллионщикова

Институт «Нефти и газа»

Группа «НТТР-___» Семестр «7»

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Билет № 9

1. Оптимизация параметров: размещение теплообменников.
2. Потенциал РФ и мировые примеры (Исландия, Камчатка).

Подпись преподавателя_____ Подпись заведующего кафедрой_____

Грозненский государственный нефтяной технический университет им.акад. М.Д.

Миллионщикова

Институт «Нефти и газа»

Группа «НТТР-___» Семестр «7»

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Билет № 10

1. Основные понятия и типы геотермальных ресурсов (гидротермальные, петротермальные).
2. Поверхностные системы: сепараторы, турбины, теплообменники.

Подпись преподавателя_____ Подпись заведующего кафедрой_____