

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Марсель Шаварович

Должность: Ректор

Дата подписания: 11.05.2025 16:04:11

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.Д. Миллионщикова

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор по ОДИТ. Гайрабеков

« 22 » мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

Специальность

21.05.06 Нефтегазовые техника и технологии

Специализация

«Реинжиниринг нефтяных скважин в геотермальные, эксплуатация и обслуживание»

Квалификация

горный инженер

Год начала подготовки - 2025

Грозный – 2025

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов» состоит в формировании у студентов: основ геотермальной энергетики и методов разработки ресурсов; обучить базовым методам оценки и оптимизации геотермальных систем; развить навыки работы с оборудованием и упрощенными моделями.

Задачами изучения дисциплины являются предложение студентам такого объема знаний, который при устройстве на работу по специальности позволит:

- проводить расчеты дебита, тепловой мощности и экономической эффективности;
- подбирать эффективные методы оценки и оптимизации геотермальных систем;
- работать с оборудованием и знать основные проблемы возникающие в процессе эксплуатации геотермальных систем.

2. Место дисциплины в структуре общеобразовательной программы

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов» относится к обязательной части Блока 1.

Для изучения курса требуется знание: математики; физики; основы нефтегазового дела; экономика; экология; эксплуатация геотермальных скважин; нефтегазопромыслового оборудования; подземной гидромеханики; физики нефтяного и газового пласта; теплотехники.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
Профессиональные		
ПК-3. Способность оптимизировать технологические режимы разработки и эксплуатации геотермальных ресурсов	ПК-3.1-знает принципы построения и калибровки гидродинамических моделей геотермальных месторождений, методы анализа эффективности (энергетической, экономической) и факторы, влияющие на нее ПК-3.2-умеет анализировать данные мониторинга разработки (давление, температура, дебиты, химический состав), выявлять резервы повышения эффективности, разрабатывать и обосновывать мероприятия по оптимизации режимов эксплуатации (распределение отборов/закачки, управление пластовым давлением, каскадное использование тепла) ПК-3.3-имеет навыки использования, специализированного ПО для моделирования и оптимизации разработки геотермальных ресурсов, расчета технико-	Знать: принципы построения и калибровки гидродинамических моделей геотермальных месторождений, методы анализа эффективности (энергетической, экономической) и факторы, влияющие на нее Уметь: анализировать данные мониторинга разработки (давление, температура, дебиты, химический состав), выявлять резервы повышения эффективности, разрабатывать и обосновывать мероприятия по оптимизации режимов эксплуатации (распределение отборов/закачки, управление пластовым давлением, каскадное использование тепла) Владеть: навыками использования, специализированного ПО для

	экономических показателей предлагаемых решений	моделирования и оптимизации разработки геотермальных ресурсов, расчета технико-экономических показателей предлагаемых решений
--	--	---

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов/ зач.ед.		Семестры	
		ОФО	ЗФО	9	10
				ОФО	ЗФО
Контактная работа		51/1,42	12/0,33	51/1,42	12/0,33
В том числе:					
Лекции		17/0,47	6/0,16	17/0,47	6/0,16
Практические занятия		34/0,94	6/0,16	34/0,94	6/0,16
Семинары					
Лабораторные работы					
Самостоятельная работа (всего)		93/2,58	132/3,67	93/2,58	132/3,67
В том числе:					
Курсовой проект					
Рефераты		10/0,28		10/0,28	
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Темы для самостоятельного изучения		72/2	108/3	72/2	108/3
Подготовка к практическим занятиям		11/0,3	24/0,67	11/0,3	24/0,67
Вид отчетности		Зачет	Зачет	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	144	144	144	144
	ВСЕГО в зач. единицах	3	3	3	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Лекц. зан. часы		Практ. зан. часы		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Введение в геотермальную энергетику	2	3	4	3	6	6
2	Технологии освоения ресурсов	4		10		14	
3	Оборудование и эксплуатация	4		8		12	
4	Упрощенное моделирование и оптимизация	4	3	10	3	14	6
5	Экономика и экология	3		2		5	

5.2 Лекционные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение в геотермальную энергетику	Основные понятия и типы геотермальных ресурсов (гидротермальные, петротермальные). Потенциал РФ и мировые примеры (Исландия, Камчатка).

		Геологическая основа: тектоника плит, тепловой поток Земли, структура резервуаров.
2	Технологии освоения ресурсов	Системы для низкопотенциальных источников: тепловые насосы, грунтовые теплообменники. Высокотемпературные технологии: флэш-системы, бинарные циклы.
3	Оборудование и эксплуатация	Скважинное оборудование: конструкции, материалы, борьба с коррозией и солеотложением. Поверхностные системы: сепараторы, турбины, теплообменники.
4	Упрощенное моделирование и оптимизация	Основы математического моделирования: стационарные и нестационарные режимы. Оптимизация параметров: дебит скважин, размещение теплообменников.
5	Экономика и экология	Технико-экономическая оценка проектов: CAPEX/OPEX, срок окупаемости. Экологические аспекты: минимизация выбросов H ₂ S, контроль индуцированной сейсмичности.

5.4. Лабораторный практикум (не предусматривается)

5.5. Практические занятия (семинары)

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение в геотермальную энергетику	Практическое занятие № 1. Анализ карт теплового потока РФ. Практическое занятие № 2. Виртуальная экскурсия на Мутновскую ГеоЭС
2	Технологии освоения ресурсов	Практическое занятие № 3. Расчет КПД теплового насоса на примере Тюменского месторождения. Практическое занятие № 4. Разбор кейса: геотермальное теплоснабжение поселка
3	Оборудование и эксплуатация	Практическое занятие № 5. Изучение макета скважины и ТНУ
4	Упрощенное моделирование и оптимизация	Практическое занятие № 6. Расчет температурного поля вокруг скважины в Excel/Python. Практическое занятие № 7. Анализ влияния грунтовых вод на эффективность системы.
5	Экономика и экология	Практическое занятие № 8. Рассмотрение геотермального проекта (анализ сильных и слабых мест в проекте)

6. Самостоятельная работы студентов по дисциплине

Самостоятельная работа по дисциплине составляет: ОФО 93 часов, ЗФО 132 часов.

Программой предусматривается самостоятельное освоение части разделов курса. Результатом изучения для студентов ОФО является реферат объемом 8-12 страниц. После

собеседования и защиты, тема реферата считается усвоенной. На изучение темы, составление реферата и защиту отводится 10 часов.

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 издательство, 2020. – 435 с.
<https://publishing.intelgr.com/archive/osvoenie-teplovoy-energii-ne-dr.pdf>

7. Оценочные средства

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 грунтовый 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:

Образец варианта для проведения 1 рубежной аттестации

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. Какой элемент геотермальной системы выполняет роль "крышки", удерживая теплоноситель?
- A. Коллектор
 - B. Источник тепла (магматический очаг)
 - C. Флюидоупор (покрышка)
 - D. Теплоноситель
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. 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. 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
9. Тепловой поток Земли в областях древних платформ (например, Сибирская платформа):
- A. Значительно выше среднего ($\sim 100 \text{ мВт/м}^2$)
 - B. Значительно ниже среднего ($< 40 \text{ мВт/м}^2$)
 - C. Равен среднему ($\sim 65 \text{ мВт/м}^2$)
 - D. Не измеряется
10. Прямое использование геотермальных вод на Кавказе преимущественно связано с:
- A. Генерацией электроэнергии
 - B. Промышленным производством
 - C. Бальнеологией и рекреацией (курорты)
 - D. Опреснением воды

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. Уровеньзированная стоимость электроэнергии (LCOE) учитывает:
14. Основным экологическим риском 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

Образец варианта для проведения 2 рубежной аттестации

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. Для борьбы с солеотложением (напр., SiO_2) в скважинах НЕ применяют:
 - A. Ингибиторы
 - B. Периодические кислотные обработки
 - C. Уменьшение дебита
 - D. Повышение давления в стволе

3. Стационарный режим моделирования геотермальной системы предполагает:
 - A. Постоянное изменение параметров (P, T) во времени
 - B. Неизменность параметров (P, T) во времени
 - C. Только начальный этап разработки
 - D. Только катастрофические события
4. Оптимизация дебита скважины направлена на поиск баланса между:
 - A. Минимальной стоимостью бурения и максимальной глубиной
 - B. Максимальной мгновенной выработкой и риском быстрого остывания пласта/скважины
 - C. Размерами оборудования и цветом окраски
 - D. Скоростью бурения и качеством керна
5. 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
6. Срок окупаемости (PBP) проекта - это:
 - A. Время строительства объекта
 - B. Период, за который суммарные доходы сравниваются с суммарными затратами (CAPEX)
 - C. Срок службы основного оборудования
 - D. Время выхода на проектную мощность
7. 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
8. Какой материал обсадных труб НАИБОЛЕЕ устойчив к коррозии в агрессивной геотермальной среде?
 - A. Обычная углеродистая сталь
 - B. Пластик (ПВХ)
 - C. Дуплексная нержавеющая сталь
 - D. Чугун
9. 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
10. 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

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

Образец билета к зачету

**Грозненский государственный нефтяной технический университет
имени академика М.Д. Миллионщикова
Институт нефти и газа**

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

Дисциплина **Оптимизация разработки геотермальных ресурсов**

Аттестационные вопросы:

1. Основные понятия и типы геотермальных ресурсов (гидротермальные, петротермальные).
2. Скважинное оборудование: борьба с коррозией и солеотложением.

«___» _____ 20__ г.

Преподаватель _____

Текущий контроль

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. Требует 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.

7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
ПК-3. Способность оптимизировать технологические режимы разработки и эксплуатации геотермальных ресурсов					
Знать: принципы построения и калибровки гидродинамических моделей геотермальных месторождений, методы анализа эффективности (энергетической, экономической) и факторы, влияющие на нее	Частичное владение	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Задания для контрольной работы, тестовые задания, темы рефератов, билеты
Уметь: анализировать данные мониторинга разработки (давление, температура, дебиты, химический состав), выявлять резервы повышения эффективности, разрабатывать и обосновывать мероприятия по оптимизации режимов эксплуатации (распределение отборов/закачки, управление пластовым давлением, каскадное использование тепла)	Частичные умения	Неполные знания	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
Владеть: навыками использования, специализированного ПО для моделирования и оптимизации разработки геотермальных ресурсов, расчета технико-экономических показателей предлагаемых решений	Частичное владение навыками	Неполные применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- **для слепоглухих** допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Литература

1. 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>.
2. Освоение геотермальной энергии: монография / под редакцией В.Е. Фортова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-9221-1950-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/305330>.
3. Э. Берман. Геотермальная энергия. — Москва: Мир, 1978. — 416 с. — URL: <https://gildiam.ru/Portals/0/doc/literature/Geotermalnaya%20energiya.pdf>.
4. Гидрогеотермия. — Москва: Недра, 1976. — 280 с. — URL: <https://www.geokniga.org/books/1926>.
5. Геотермальная энергетика: технологии и экология / Под ред. А.И. Шестакова. — М.: Энергоатомиздат, 2020.
6. Гидрогеотермия: методы исследований и расчетов / В.Н. Пиннекер. — Новосибирск: Наука, 2018.
7. Автоматизация процессов в геотермальной энергетике / С.К. Иванов. — СПб.: Профессия, 2021.

б) дополнительная литература:

1. Простыми словами: Мутновская ГеоЭС
<https://xmlsearch.yandex.kz/video/preview/8489854318049969065?noreask=1>.

9.2. Методические указания по освоению дисциплины (приложение)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекции пользуются плакатами, макетами (фонтанная арматура) и оборудования.

Технические средства обучения – сосредоточены в лабораториях кафедры «БРЭНГМ» (лаб. 2-33 и 2-35).

В лаборатории содержатся электронные версии лекций методических указаний к выполнению практических заданий.

Методические указания по освоению дисциплины
«Оптимизация разработки геотермальных ресурсов»

1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов» состоит из 5 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями

«важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. Проработать конспект лекций;
3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;
5. Выполнить домашнее задание;
6. Проработать тестовые задания и задачи;
7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

4. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Оптимизация разработки геотермальных ресурсов» - это углубление и расширение знаний в области

нефтегазового дела; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

Составители:

К.т.н., доцент кафедры «БРЭНГМ»



/Н.Д. Булчаев/

Старший преподаватель кафедры «БРЭНГМ»



/И.И. Алиев/

Согласовано:

Зав. кафедрой «БРЭНГМ», руководитель
ОП ВО ПИШ специальности 21.05.06
Нефтегазовые техника и технологии,
Специализации «Реинжиниринг нефтяных
скважин в геотермальные, эксплуатация и
обслуживание», к.т.н., доцент



/А.Ш. Халадов/

Директор ДУМР, к.ф.-м.н., доцент



/М.А. Магомаева/