Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 07 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ГАЗА»

Направление: 08.03.01 Строительство

Проектирование, строительство и эксплуатация нефтегазопроводов и нефтегазохранилищ

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Туник Александр
Александрович
Дата подписания: 07.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Толстой Михаил
Юрьевич
Дата подписания: 20.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Айзенберг Илья
Иделевич
Дата подписания: 12.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Технология подземного хранения газа» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС -1 Способность осуществлять проектирование нефтегазопроводов и нефтегазохранилищ на основе моделей, разработанных в соответствии с физико-химическими процессами в оборудовании	ПКС - 1.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС - 1.3	Демонстрирует умения выполнять технические работы в соответствии с технологическим регламентом; способность оформлять технологическую и техническую документацию по эксплуатации нефтегазопромыслового оборудования	<p>Знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли; перечень современных технологий научных исследований по проблемам нефтегазовой отрасли в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.</p> <p>Уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы; применять полученные знания для проведения прикладных научных исследований по проблемам нефтегазовой отрасли в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности; знаниями фундаментальных наук для проведения прикладных научных исследований по проблемам нефтегазовой отрасли в</p>

		соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Технология подземного хранения газа» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия», «Физика», «Введение в профессиональную деятельность»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Проектирование объектов нефтегазового комплекса», «Технико-экономическое обоснование инновационных решений в нефтегазовом комплексе», «Нефтегазопромысловое оборудование», «Устройство подземных нефтегазопроводов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовой проект	Экзамен, Курсовой проект

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Методы проектирования и сооружения подземных газохранилищ природного газа. Классификация подземных газохранилищ	1, 2, 3	6			10	2			Устный опрос
2	Принципы	8	2							Устный

	технологического проектирования и сооружения водоносных газохранилищ. Подземное хранение природного газа в водоносных пластах									опрос
3	Газогидродинамический расчет эксплуатации пластовой части газохранилища. Газодинамический расчет эксплуатации газохранилища как комплекса	4, 5, 13	12			1, 4, 5, 6, 8	17			Устный опрос
4	Обустройство газохранилища. Закачка и отбор газа из-под земного хранилища газа					2, 7, 11	9			Устный опрос
5	Сооружение газохранилищ	9	2					1	44	Устный опрос
6	Сооружение газовых терминалов	10	2							Устный опрос
7	Ремонт резервуаров	6, 7	4							Устный опрос
8	Сооружение резервуаров и газгольдеров	11, 12	4			3, 9	4			Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовой проект
	Всего		32				32		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Методы проектирования и сооружения подземных газохранилищ природного газа. Классификация подземных газохранилищ	Методы проектирования подземных газохранилищ природного газа. Назначение и типы газохранилищ. Подземные хранилища, созданные в пористых резервуарах. Хранилища, созданные в полостях горных пород. Краткая история развития подземного хранения газа. Характеристика водоносных хранилищ.
2	Принципы технологического проектирования и сооружения	Основные стадии работ при создании водоносных газохранилищ. Особенности, содержание и структура технологического проекта разведывательно-промышленной закачки газа. О

	водоносных газохранилищ. Подземное хранение природного газа в водоносных пластах	неравномерности потребления газа. Определение производительности и ёмкости газохранилища. Устройство и принцип действия подземных газохранилищ в водоносных пластах. Газовая полость подземного газохранилища. Водонапорная система ПХГ. Активный и буферный газ. Состояние и развитие технологии подземного хранения газа.
3	Газогидродинамический расчет эксплуатации пластовой части газохранилища. Газодинамический расчет эксплуатации газохранилища как комплекса	Циклическая эксплуатация водоносного хранилища и определяющие ее показатели. О максимально допустимом давлении в хранилище. Способы увеличения активной емкости хранилища. Хранение газа в искусственных гидродинамических ловушках. Отбор газа из хранилища без применения компрессоров. Отбор газа с применением компрессоров. Нагнетание газа в хранилище. О максимально допустимом расходе газа по скважинам.
4	Обустройство газохранилища. Закачка и отбор газа из-под земного хранилища газа	Технологическая схема обустройства хранилища. Конструкция скважин на газохранилищах. Размещение скважин на газохранилище. Температурный режим работы хранилища. Борьба с отложениями гидратов. Схема и режим закачки газа. Технологический расчет разведывательной закачки газа. Влияние глубины залегания водоносного пласта на сроки создания хранилища. Откачка газа из подземного хранилища. Проблемы хранения газа в водоносных пластах. Определение оптимального варианта режима эксплуатации хранилища.
5	Сооружение газохранилищ	Сооружение газохранилищ. Конструкции стальных резервуаров. Методы их расчета и проектирования. Технология монтажа стальных резервуаров и их гидравлические испытания. Организация строительно-монтажных работ и техника безопасности. Конструкции железобетонных резервуаров, их преимущества и недостатки. Методы расчета, проектирования и строительства. Подземные газовые хранилища, методы их строительства. Газгольдеры. Описание конструкций, расчет конструкций и отдельных узлов. Организация и технологии строительно-монтажных работ
6	Сооружение газовых терминалов	Резервуарные парки. Технологические трубопроводы. Технологические насосные. Узлы учёта. Узлы защиты от гидроударов. Причальные сооружения (береговые причалы, пирсы, выносные приёмные устройства и др.). Шлангующие устройства (стендера, гибкие резиновые армированные шланги. Очистные сооружения. Вспомогательные здания и сооружения

		(химическая лаборатория, центральный диспетчерский пункт, котельная и др.). Системы диспетчерского управления и сбора данных и системы связи. Приемные терминалы сжиженного природного газа. Способы строительства, условия эксплуатации, функции, состав оборудования.
7	Ремонт резервуаров	Организация планово-предупредительного ремонта. Условия отбраковки резервуара или отдельных его элементов. Осмотровый и текущий ремонты. Капитальный ремонт. Подготовка РВС к ремонтным работам. Методы ремонта основания, днища, стенки и крыши резервуаров. Контроль качества ремонтных работ, приёмка резервуара после ремонта.
8	Сооружение резервуаров и газгольдеров	8 Сооружение резервуаров и газгольдеров Общие данные о резервуарах и газгольдерах. Особенности конструкций. Резервуар. Газгольдеры. Технология монтажа. Вертикальные цилиндрические резервуары из рулонных материалов. Лепестковые шаровые резервуары. Вертикальные цилиндрические резервуары. Недостатки и возможные сложности при монтаже и эксплуатации резервуаров и газгольдеров.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчёт максимального пластового давления	4
2	Расчёт суточных темпов закачки и отбора газа	4
3	Расчёт активного объема газа (в т.ч. долгосрочного резерва);	2
4	Расчёт буферного объема газа;	3
5	Оценка максимального ГПО;	4
6	Оценка максимального контура распространения газа по площади структуры	4
7	Расчёт диаметра насосно-компрессорных труб (далее - НКТ);	4
8	Оценка суточной производительности эксплуатационных скважин	2
9	Оценка суточной производительности эксплуатационных скважин	2
10	Результаты прогнозных расчетов динамики основных параметров эксплуатации объекта	2

	хранения газа при создании и циклической эксплуатации	
11	Расчёт мощности компрессорной станции;	1

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к экзамену	44

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дебаты, Дискуссия, Интервью, Публичная презентация, Просмотр и обсуждение учебных видеофильмов

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Для самостоятельной работы изучения разделов дисциплины является конспект лекций, который рекомендуется прорабатывать, выделяя главные положения, пояснения, схемы, формулы, иллюстрирующий материал, работа с рекомендуемой основной и дополнительной учебной литературой, а также консультации с преподавателем.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Подготовка к практическим занятиям осуществляется по тематике практических занятий. До занятия студент должен ознакомиться с темой занятия, проанализировать исходные данные, раздаточный материал, соответствующие разделы конспекта лекций и методических указаний по практическим занятиям. МУ находятся в разработке.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Основой для самостоятельной работы изучения разделов дисциплины является конспект лекций, который рекомендуется прорабатывать, выделяя главные положения, пояснения, схемы, формулы, иллюстрирующий материал. Важным пунктом самостоятельной работы является работа с рекомендуемой основной и дополнительной учебной литературой. Для повышения эффективности изучения дисциплины необходимо использовать ресурсы сети интернет, электронные библиотечные системы и базы данных, доступные обучающимся ИРНИТУ.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Устный опрос

Описание процедуры.

Применяются несколько видов устного опроса:

Фронтальный (охватывает сразу несколько студентов);

Индивидуальный (позволяет сконцентрировать внимание на одном студенте).

По цепочке — этот вид опроса применяется, когда требуется дать полный, развернутый ответ. Суть его в том, что на один вопрос отвечают сразу несколько учащихся, дополняя друг друга. Очень удобный прием при проверке домашнего задания или для работы над творческой темой.

Тихий опрос проводится индивидуально с одним или несколькими учащимися, для кого тема показалась трудной. Опрос проводится полупрошепотом в то время, пока группа занята групповой или письменной работой.

Взаимоопрос — учащиеся опрашивают друг друга. Тему задает преподаватель, проговаривая основные моменты, о которых нужно спросить. Такой опрос не занимает много времени и позволяет задействовать всю группу. Прием часто используют во время подготовки к контрольным, проверочным работам.

Критерии оценивания.

Организация текущего контроля строится на оценках знаний студентов по принятой в ТПУ рейтинговой системе.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС - 1.3	Организация текущего контроля строится на оценках знаний студентов по принятой в ТПУ рейтинговой системе.	Формой контроля знаний по теоретическим разделам являются устные опросы, проводимые на лекциях, а также выполнение и защита курсового проекта и индивидуальной самостоятельной работы

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Отвечает на вопросы по экзаменационному билету. Экзамен – форма промежуточной аттестации обучающихся по результатам освоения теоретических знаний, приобретения практических навыков. В соответствии с расписанием экзамена студент берет экзаменационный билет, готовится и отвечает. Экзаменатор имеет право с целью более глубокого выяснения уровня знаний студента задавать ему дополнительные вопросы, а также задачи в рамках программы дисциплины. Оценка (в соответствии с таблицей «Критерии оценивания») выставляется в зачетку и экзаменационную ведомость. Оценка «неудовлетворительно» выставляется только в экзаменационную ведомость. Допуск до экзамена будет осуществляться после защиты курсового проекта.

Пример задания:

1. Назначение и типы газохранилищ.
2. Основания и фундаменты для строительства резервуаров.
3. Основные свойства и работа металлов, применяемых в резервуаростроении.
4. Типы конструкций подземных резервуаров.
5. Основные положения по расчету и конструированию резервуаров.
6. Оборудование резервуаров низкого давления, его назначение и эксплуатация.
7. Изготовление и монтаж стальных резервуаров.
8. Определение основных технологических параметров циклической эксплуатации хранилища.
9. Подземные изотермические ёмкости для сжиженного газа.
10. Хранение газа в водоносных пластах.
11. Эксплуатация подземного газохранилища в водоносном пласте.
12. Хранение газа в отложениях каменной соли.
13. Методы создания ПХГ в отложениях каменной соли.
14. Эксплуатация подземного газохранилища в отложениях каменной соли.
15. Эксплуатация подземных хранилищ газа в истощенных месторождениях.
16. Процесс нагнетания газа в ПХГ в истощенных месторождениях.
17. Процесс нагнетания газа в ПХГ в отложениях каменной соли.
18. Нагнетание газа в водоносный пласт.
19. Способы удаления твердых отложений в резервуарах при подготовке к зачистке.
20. Автоматизация процессов хранения газа.
21. Основные нормативные требования, необходимые при проектировании и эксплуатации резервуаров.
22. Меры по обеспечению безопасности при работе на ПХГ.
23. Технические характеристики резервуаров.
24. Вертикальные резервуары.
25. Горизонтальные резервуары.
26. Зачистка резервуаров.
27. Основные причины появления дефектов резервуаров, оценка их опасности.
28. Техническое обслуживание резервуаров.
29. Диагностирование стальных резервуаров.
30. Диагностирование изотермических резервуаров.
31. Ремонт резервуаров.
32. Особенности эксплуатации изотермических резервуаров.
33. Протекторная защита резервуаров.
34. Катодная защита резервуаров.
35. Методы проектирования подземных газохранилищ природного газа.
36. Характеристика водоносных хранилищ.
37. Основные стадии работ при создании водоносных газохранилищ.
38. Определение производительности и емкости газохранилища.

39. Устройство и принцип действия подземных газохранилищ в водоносных пластах.
40. Состояние и развитие технологии подземного хранения газа.
41. Опытно-промышленная эксплуатация ПХГ.
42. Циклическая эксплуатация ПХГ
43. Корректировка показателей эксплуатации подземных хранилищ газа.
44. Консервация (ликвидация) подземных хранилищ газа.
45. Общие требования по эксплуатации ПХГ.
46. Контроль технологических процессов, происходящих в искусственной газовой залежи.
47. Контроль за верхними водоносными горизонтами.
48. Контроль герметичности хранилища.
49. Расчёт производительности естественного подземного газохранилища.
50. Расчёт объёма буферного газа в естественном подземном газохранилище.
51. Требования к расположению ПХГ на местности.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Способен осуществлять самостоятельную деятельность в профессиональной области. Владеет теорией и навыками дисциплины. Умеет анализировать эмпирический материал и делать достоверные.	Владеет теорией и навыками в области преподаваемой дисциплины. Допускает ошибки при анализе собственных результатов. Недостаточно владеет навыками использования.	Владеет теорией и навыками в области преподаваемой дисциплины. Не умеет анализировать результаты, делать выводы.	Способен осуществлять самостоятельную деятельность в профессиональной области. Владеет теорией и навыками дисциплины. Умеет анализировать эмпирический материал и делать достоверные

6.2.2.2 Семестр 4, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Студент выполняет курсовой проект по проектированию подземных хранилищ газа

Пример задания:

1. Расчёт максимального пластового давления;
2. Расчёт суточных темпов закачки и отбора газа;
3. Расчёт активного объема газа (в т.ч. долгосрочного резерва);
4. Расчёт буферного объема газа;
5. Оценка максимального ГПО;
6. Оценка максимального контура распространения газа по площади структуры;
7. Расчёт диаметра насосно-компрессорных труб (далее - НКТ);
8. Оценка суточной производительности эксплуатационных скважин;
9. Описание технологической модели ПХГ;

10. Результаты прогнозных расчетов динамики основных параметров эксплуатации объекта хранения газа при создании и циклической эксплуатации.
11. - Расчёт мощности компрессорной станции;_

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Умеет грамотно и творчески решать инженерные задачи проектирования газохранилищ.	Умеет правильно решать практические задачи конструирования резервуаров, основываясь на теоретической базе программного материала.	При решении практических задач конструирования газохранилищ допускает грубые ошибки, нарушения логики инженерного мышления.	Не умеет решать практические задачи конструирования резервуаров.

7 Основная учебная литература

1. Коршак А.А. Основы нефтегазового дела: учебник для вузов по направлению "Нефтегазовое дело" / А. А. Коршак, А. М. Шаммазов, 2005. - 527.
2. Нехаев Г.А. Металлические конструкции в примерах и задачах: учебное пособие по направлению 270100 "Строительство" / Г.А. Нехаев, И. А. Захарова, 2010. - 143.
3. Нехаев Г. А. Проектирование и расчёт стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления/ Г. А. Нехаев. - М.: АВС, 2005. - 216 с.
4. Металлические конструкции. В 3-ч т. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В.В. Кузнецова (ЦНИИПСК им. Н. П. Мельникова). - М.: Изд-во АВС, 1998. - 512 с.
5. Прочность. Устойчивость. Колебания. Т.1. Справочник в трёх томах / Под ред. И. А. Биргера и Я. Г. Пановко. = М.: «Машиностроение», 1968. - 831 с.
6. Соппротивление материалов / Под общ. ред. А. Ф. Смирнова, - 2-е изд., переработанное. - М.: «Высшая школа», 1969. - 600 с.
7. Лессиг Е. Н. Листовые металлические конструкции. - М.: Изд. литературы по строительству, 1970 - 488 с.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Металлические конструкции: учебник для вузов по направлению "Строительство" и специальности "Промышленное и гражданское строительство" / Г.С. Ведеников, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева, 1998. - 758.
2. Бережковский Михаил Исаакович. Газгольдеры / Михаил Исаакович Бережковский, 1985. - 109.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x1000] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [5x200])-поставка 2010
2. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010 от ЗАО "СофтЛайн Трейд"
3. Microsoft Office Professional Plus 2013
4. Model Studio CS Открытые распределительные устройства v.1_поставка_2010
5. Autodesk AutoCAD 2010, AutoCAD 2012 поставка 2010

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор BENQ MW523
2. Проектор HDMI Gold Plated Connector .Ver1.4
3. Доска магнитно-маркерная INDEX настенная ,размер 1x1.8 м
4. Доска магнитно-маркерная INDEX настенная ,размер 1x1.8 м
5. Компьютер Core 2 Duo E6550/250Gb/2*1024/FDD/256Mb/DVDRW/19"
6. Компьютер P4 631/1646Gz/1024/120/3.5"/GF256/DVD-RW/ монитор Samsung940/кл/мышь
7. Компьютер"Intel Core i3/DDR4Gb/HDD1Tb/GF1Gb/LCD22"/ИБП"
8. Компьютер"Intel Core i3/DDR4Gb/HDD1Tb/GF1Gb/LCD22"/ИБП"
9. 315285 Компьютер H2JVFB00349
10. компьютер Celeron