

Документ подписан простой электронной подписью.  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 24.04.2024 16:06:41  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТОМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Фазовые превращения углеводородных систем

направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

направленность (профиль): Цифровой инжиниринг газовых месторождений

форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании базовой кафедры ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины: знать методы расчета фазовых равновесий, динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородных смесей природного или технологического происхождения (нефть, газовые конденсаты, их фракции, товарные нефтепродукты).

Задачи освоения дисциплины:

- умение студентов использовать полученные знания в практической деятельности в области технологии методов повышения газоконденсатаотдачи пластов, при принятии решений выбора рациональных способов эксплуатации скважин и интенсификации притоков из пласта.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина Фазовые превращения углеводородных систем относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

Знание:

- физики;
- математики;
- гидравлики и нефтегазовой гидромеханики;
- физики нефтяного и газового пласта;
- движения жидкостей и газов в природных пластах.

Умение:

- работать с научной литературой.

Владение:

- навыками моделирования физических и химических свойств углеводородных систем.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПКС-3 Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать вывод	ПКС-3.2 Оперативное руководство добычей и контроль соблюдения технологии добычи углеводородного сырья	(З1) Знать технологические процессы добычи углеводородного сырья
		(У1) Уметь выявлять отклонения от нормальной работы оборудования по добыче углеводородного сырья
		(В1) Владеть навыками оперативного руководства добычей и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья
	ПКС-3.3 Организация разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин	(З2) Знать требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности
		(У2) Уметь оценивать риски от внедрения новой техники, рационализаторских предложений, изменений организационно-технических условий рабочего места
		(В2) Владеть навыками организации разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин

### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль	Форма промежуточной аттестации
		Лекции и	Практические занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
очная	2/3	16	16	-	40	-	зачет

### 5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

**очная форма обучения (ОФО)**

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	Раздел 1	Методы и методики расчета параметров фазового равновесия, состава фазы и идентификации фазового состояния углеводородных смесей на основе многоконстантных и кубических уравнений состояния	12	12	-	25	49	ПКС-3.2	Вопросы для письменного опроса
2	Раздел 2	Индивидуальные и обобщенные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и углеводородных смесей в диапазоне температур от начала застывания до температур начала термических превращений при давлениях до 100 МПа	4	4	-	12	20	ПКС-3.3	Вопросы для письменного опроса
3	Зачет		-	-	-	3	3	ПКС-3.2 ПКС-3.3	Вопросы для письменного опроса
Итого:			16	16	X	40	72		0

- заочная форма обучения (ЗФО) не реализуется.
- очно-заочная форма обучения (ОЗФО) не реализуется.

## 5.2. Содержание дисциплины.

### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. *«Методы и методики расчета параметров фазового равновесия, состава фазы и идентификации фазового состояния углеводородных смесей на основе многоконстантных и кубических уравнений состояния»*. Исходные данные для расчета фазовых равновесий и критических свойств сложной углеводородной смеси. Исходные данные для расчета фазовых равновесий и критических свойств пластового флюида. Метод расчета давления начала кипения, давления начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния. Расчет фазовых равновесий углеводородной смеси на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния (ФУС). Энергия Гельмгольца. Методика расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния. Метод расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе кубического уравнения состояния Пенга–Робинсона. Методика расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе кубического

уравнения состояния Пенга–Робинсона. Метод расчета двухфазного равновесия «газ – жидкость» углеводородной смеси заданного состава. Методика расчета двухфазного равновесия «газ – жидкость» углеводородной смеси заданного состава. Методика расчета критических свойств углеводородной смеси заданного состава. Методика определения максимальной температуры (крикондентерма) и максимального давления (криконденбара) на пограничной кривой углеводородной смеси.

Раздел 2. *«Индивидуальные и обобщенные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и углеводородных смесей в диапазоне температур от начала застывания до температур начала термических превращений при давлениях до 100 МПа».* Индивидуальные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и сопутствующих газов. Обобщенные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и углеводородных смесей.

## 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	1	-	-	Исходные данные для расчета фазовых равновесий и критических свойств сложной углеводородной смеси. Исходные данные для расчета фазовых равновесий и критических свойств пластового флюида
2	1	2	-	-	Метод расчета давления начала кипения, давления начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния
3	1	1	-	-	Расчет фазовых равновесий углеводородной смеси на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния (ФУС)
4	1	1	-	-	Энергия Гельмгольца
5	1	1	-	-	Методика расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния
6	1	1	-	-	Метод расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе кубического уравнения состояния Пенга–Робинсона
7	1	1	-	-	Методика расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе кубического уравнения состояния Пенга–Робинсона
8	1	1	-	-	Метод расчета двухфазного равновесия «газ – жидкость» углеводородной смеси заданного состава
9	1	1	-	-	Методика расчета двухфазного равновесия «газ – жидкость» углеводородной смеси заданного состава
10	1	1	-	-	Методика расчета критических свойств углеводородной смеси заданного состава
11	1	1	-	-	Методика определения максимальной температуры (крикондентерма) и максимального давления (криконденбара) на пограничной кривой углеводородной смеси
12	2	2	-	-	Индивидуальные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и сопутствующих газов
13	2	2	-	-	Обобщенные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и углеводородных смесей
Итого:		16	-	-	

### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	1	-	-	Метод расчета давления начала кипения, давления начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния
2	1	1	-	-	Расчет фазовых равновесий углеводородной смеси на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния (ФУС)
3	1	1	-	-	Энергия Гельмгольца
4	1	1	-	-	Методика расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе многоконстантных фундаментальных уравнений состояния
5	1	2	-	-	Метод расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе кубического уравнения состояния Пенга–Робинсона
6	1	2	-	-	Методика расчета давления начала кипения, начала конденсации и состава сосуществующей фазы углеводородных смесей на основе кубического уравнения состояния Пенга–Робинсона
7	1	1	-	-	Метод расчета двухфазного равновесия «газ – жидкость» углеводородной смеси заданного состава
8	1	1	-	-	Методика расчета двухфазного равновесия «газ – жидкость» углеводородной смеси заданного состава
9	1	1	-	-	Методика расчета критических свойств углеводородной смеси заданного состава
10	1	1	-	-	Методика определения максимальной температуры (крикондентерма) и максимального давления (криконденбара) на пограничной кривой углеводородной смеси
11	2	2	-	-	Индивидуальные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и сопутствующих газов
12	2	2	-	-	Обобщенные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и углеводородных смесей
Итого:		16	-	-	

### Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

## Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1	2	3	4	5	6	7
1	1	25	-	-	Методы и методики расчета параметров фазового равновесия, состава фазы и идентификации фазового состояния углеводородных смесей на основе многоконстантных и кубических уравнений состояния	Изучение материала
2	2	12	-	-	Индивидуальные и обобщенные уравнения для расчета динамической вязкости и коэффициента теплопроводности углеводородов и углеводородных смесей в диапазоне температур от начала застывания до температур начала термических превращений при давлениях до 100 МПа	Изучение материала
3	3	3	-	-	-	Подготовка к зачету
Итого:		40	X	-	X	X

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint;
- работа в малых группах (практические и лабораторные занятия);
- разбор практических ситуаций (практические и лабораторные занятия).

### 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены

### 7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

### 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблицах 8.2.1. и 8.2.2.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1	2	3
1 текущая аттестация		
1.1	Вопросы для письменного опроса	0-30
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		
2.1	Вопросы для письменного опроса	0-30
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
3.1	Вопросы для письменного опроса	0-40
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	40
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- ЭБС «Издательства Лань»;
- ЭБС «Электронного издательства ЮРАЙТ»;
- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ;
- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»;
- ЭБС «IPRbooks»;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ (г. Уфа);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГТУ (г. Ухта);
- ЭБС «Прспект»;
- ЭБС «Консультант студент».

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства.

1. Microsoft Office Professional Plus;
2. Power Point
3. Windows.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

### Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

Таблица 10.1

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
1	Фазовые превращения углеводородных систем	Лекционные занятия:	625000, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70

		<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютеры, проекторы, оборудование для онлайн-лекций (веб-камера)</p>	
		<p>Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Компьютеры, проекторы, оборудование для онлайн-лекций (веб-камера)</p>	<p>625000, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70</p>

## **11. Методические указания по организации СРС**

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

В процессе подготовки к занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно.

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в самостоятельном изучении литературы и подготовке к практическим занятиям. Преподаватель на занятии дает рекомендации, необходимые для освоения материала. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся по направлениям магистратуры, всех форм обучения / сост. М.Л. Белоножко, С.С. Ситёва; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2019 – 16 с.

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания**

Дисциплина: Фазовые превращения углеводородных систем

Код, направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль): Цифровой инжиниринг газовых месторождений

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
<p>ПКС-3 Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать вывод</p>	<p>ПКС-3.2 Оперативное руководство добычей и контроль соблюдения технологии добычи углеводородного сырья</p>	<p>(З1) Знать технологические процессы добычи углеводородного сырья</p>	<p>Не знает технологические процессы добычи углеводородного сырья</p>	<p>Знает не в полном объеме технологические процессы добычи углеводородного сырья</p>	<p>Знает хорошо технологические процессы добычи углеводородного сырья</p>	<p>Знает отлично технологические процессы добычи углеводородного сырья</p>
		<p>(У1) Уметь выявлять отклонения от нормальной работы оборудования по добыче углеводородного сырья</p>	<p>Не умеет выявлять отклонения от нормальной работы оборудования по добыче углеводородного сырья</p>	<p>Умеет частично выявлять отклонения от нормальной работы оборудования по добыче углеводородного сырья</p>	<p>Умеет выявлять отклонения от нормальной работы оборудования по добыче углеводородного сырья</p>	<p>Умеет эффективно выявлять отклонения от нормальной работы оборудования по добыче углеводородного сырья</p>
		<p>(В1) Владеть навыками оперативного руководства добычей и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья</p>	<p>Не владеет навыками оперативного руководства добычей и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья</p>	<p>Владеет ограниченными навыками оперативного руководства добычей и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья</p>	<p>Владеет навыками оперативного руководства добычей и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья</p>	<p>Владеет в совершенстве навыками оперативного руководства добычей и контроля соблюдения технологии добычи углеводородного сырья</p>

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
						сырья
	<p>ПКС-3.3 Организация разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин</p>	<p>(32) Знать требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности</p>	<p>Не знает требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности</p>	<p>Знает не в полном объеме требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности</p>	<p>Знает хорошо требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности</p>	<p>Знает отлично требования охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности</p>
		<p>(У2) Уметь оценивать риски от внедрения новой техники, рационализаторских предложений, изменений организационно-технических условий рабочего места</p>	<p>Не умеет оценивать риски от внедрения новой техники, рационализаторских предложений, изменений организационно-технических условий рабочего места</p>	<p>Умеет частично оценивать риски от внедрения новой техники, рационализаторских предложений, изменений организационно-технических условий рабочего места</p>	<p>Умеет оценивать риски от внедрения новой техники, рационализаторских предложений, изменений организационно-технических условий рабочего места</p>	<p>Умеет эффективно оценивать риски от внедрения новой техники, рационализаторских предложений, изменений организационно-технических условий рабочего места</p>
		<p>(В2) Владеть навыками организации разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин</p>	<p>Не владеет навыками организации разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин</p>	<p>Владеет ограниченными навыками организации разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин</p>	<p>Владеет навыками организации разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин</p>	<p>Владеет в совершенстве навыками организации разработки мероприятий, направленных на предупреждение аварий, инцидентов, отказов оборудования скважин</p>

## КАРТА

## обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина: Фазовые превращения углеводородных систем

Код, направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль): Цифровой инжиниринг газовых месторождений

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1.	Кинетика процессов фазовых переходов углеводородных систем Западной Сибири в пористых средах : сборник научных трудов / ЗапСибНИГНИ ; ред. А. А. Болотов. - Тюмень : ЗапСибНИГНИ, 1994. - 115 с. - Текст : непосредственный.	ЭР*	18	100	+
2.	Теоретические основы фазовых превращений углеводородных смесей = Theoretical basis of hydrocarbon mixtures phase behavior : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 130500 "Нефтегазовое дело" / А. И. Брусиловский ; дар. РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. - Москва : МАКС Пресс, 2010. - 90 с. - Текст : непосредственный.	ЭР*	18	100	+

\*ЭР – электронный ресурс доступный через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>