



Негосударственное образовательное учреждение  
«Академия инжиниринга нефтяных и газовых месторождений»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной  
деятельности НОУ «Академия  
ИНГМ»

*Иву*  
И. В. Пчелинцева

« 23 » 2024 г.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

### «ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ: ОТ ОТБОРА ПРОБ ДО МОДЕЛИРОВАНИЯ»

Разработал:  
преподаватель Т.С. Ющенко, к.ф.-м.н.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ</b>	
1.1. Нормативные основания разработки программы .....	3
1.2. Цель .....	3
1.3. Задачи .....	3
1.4. Планируемые результаты обучения.....	3
1.5. Характеристика профессиональной деятельности слушателей .....	4
<b>2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>	
2.1. Учебный план.....	5
2.2. Рабочие программы (тематическое содержание) модулей .....	6
2.3. Календарный учебный график .....	8
<b>3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ</b>	
3.1. Категория слушателей .....	8
3.2. Технологии и методы обучения.....	8
3.3. Учебно-методическое обеспечение.....	9
3.4. Материально-техническое обеспечение.....	9
3.5. Кадровое обеспечение.....	9
3.6. Информационное обеспечение.....	9
3.7. Электронные ресурсы.....	9
3.8. Документ о квалификации.....	9
<b>4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ</b>	
4.1. Формы аттестации.....	10
4.2. Оценка результатов аттестации .....	10

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

### **Нормативные основания разработки программы:**

1. Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г.
2. Приказ Министерства образования и науки РФ № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам» от 01.07.2013 г.
3. Профессиональные стандарты Код 19 «Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа».
4. Проекты примерных образовательных программ по направлениям бакалавриата 210000 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия».
5. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата и магистратуры 210000 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия».

### **Цель:**

Совершенствование профессиональных компетенций специалистов нефтегазовых компаний в области экспериментальных исследований и моделирования пластовых флюидов.

### **Задачи:**

- понять цели и задачи исследований пластовых углеводородных флюидов, типы проб и способы их отбора;
- рассмотреть экспериментальные исследования пластовых углеводородных флюидов, методику проведения экспериментов и анализ получаемых результатов;
- ознакомиться с составом пластовых углеводородных флюида различного типа, особенностями видов разгазирования и конденсации;
- проработать нормативную документацию по пластовым флюидам при подсчете запасов и создании проектно-технологической документации;
- научиться анализировать результаты исследований и обосновывать параметры пластовых флюидов для подсчёта запасов и проектно-технологической документации.
- научиться создавать и адаптировать PVT-модели пластовых углеводородных флюидов с использованием кубических уравнений состояния и математических методов расчета фазового равновесия в многокомпонентных системах. Для практических занятий используется ПО PVT дизайнер tNavigator.

### **Планируемые результаты обучения:**

Усовершенствованные профессиональные компетенции по следующим направлениям:

- методы и особенности отбора флюидов;
- практические критерии отбора качественных проб;
- классификация и особенности поведения разных типов пластовых флюидов;
- знание методики проведения экспериментальных PVT исследований, входящих в стандартный комплекс изучения пластового флюида, и особенности изменения свойств сепарированных флюидов от того или иного типа разгазирования/конденсации;
- знания о ключевых параметрах пластовой нефти и пластового газа;

- знание методики проведения экспериментальных PVT исследований, используемых при моделировании закачки газа в пласт с целью увеличения нефтеотдачи;
- понимание методик проведения экспериментальных PVT исследований, используемых с целью обеспечения бесперебойной добычи продукции скважины;
- знание о методах получения основных параметров флюидов, измеряемых в PVT лаборатории;
- получение свойств пластового флюида по результатам прямых замеров параметров (контактные процессы, дифференциальные процессы);
- получение состава пластового флюида на основе составов флюидов сепарации (численная рекомбинация);
- проверка экспериментальных данных с помощью материального баланса;
- понимание особенности использования нормативной документации в области изучения пластовых флюидов;
- понимание основ газовой хроматографии при изучении пластовых флюидов;
- работа с техническим отчётом по PVT исследованию пластового флюида в российском и зарубежном варианте;
- теория и практика математического моделирования пластовых флюидов (пластовая нефть, газоконденсатные системы);
- понимание цели и применение различных методов создания модели пластового флюида;
- работа в PVT симуляторе;
- определение причины изменения свойств пластового флюида и соответствующие выводы для их математического описания
- анализ первичных данных по исследованию пластового флюида, отбраковка некачественных данных.
- использование корреляций для определения свойств пластовых углеводородных флюидов при ограниченной исходной информации.
- понимание гравитационного распределение свойств пластового углеводородного флюида по разрезу;
- решение специальных задач по изучению и анализу PVT-свойств пластовых флюидов.

### **Характеристика профессиональной деятельности слушателей:**

Область профессиональной деятельности слушателей, освоивших программу курса повышения квалификации, включает реализацию и управление технологическими процессами и производством, методологию и методы проектирования и конструирования, научные исследования и разработки в сегменте топливной энергетики, в т.ч. освоение месторождений, транспортирование и хранение углеводородов, исследование недр и поверхности Земли, рациональное использование и охрана земельных и углеводородных ресурсов и др.

Объектами профессиональной деятельности слушателей являются технологические процессы и устройства для строительства, ремонта, восстановления, добычи, промыслового контроля, транспортирования, хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов, поверхность и недра Земли, геодинамические явления и процессы, территориально-административные образования, информационные системы и инновационные технологии и др.

Виды профессиональной деятельности слушателей: производственно-технологическая, организационно-управленческая, экспериментально-исследовательская, проектная, проектно-изыскательская, научно-исследовательская.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Учебный план дополнительной профессиональной программы определяет перечень, трудоемкость, последовательность и распределение учебных модулей, иных видов учебной деятельности обучающихся и формы аттестации.

### Учебный план:

№	Наименование модулей	Количество часов			Форма аттестации
		Всего	в том числе:		
			лекционные занятия	практические занятия	
1	Исследования пластовых флюидов: цели и задачи	1	0.5	0.5	Входной тест
2	Состав природных углеводородных систем. Терминология, классификация, примеры	1.5	1.5	-	Текущий контроль
3	Фазовые диаграммы чистого вещества, многокомпонентной системы «пар-жидкость»	2	2	-	Текущий контроль
4	Типы пластовых углеводородных флюидов.	3.5	3	0.5	Текущий контроль, упражнения
5	Уравнения состояния. Постановка задач расчета парожидкостного равновесия.	4	4	-	Текущий контроль
6	Отбор проб флюидов	4	4	-	Текущий контроль
7	Промысловые и лабораторные исследования пластовой нефти	4	3	1	Текущий контроль, PVT-модель
8	Осреднение результатов исследований	1	1	-	Текущий контроль
9	Создание и адаптация PVT-модели пластовой нефти в ПО PVT дизайнер tNavigator	5	1	4	PVT-модель
10	Промысловые и лабораторные исследования пластовых газоконденсатных систем	4	3	1	Текущий контроль, PVT-модель
11	Создание и адаптация PVT-модели пластовой газоконденсатной системы в ПО PVT дизайнер tNavigator	5	1	4	PVT-модель
12	Использование корреляций для расчета PVT-свойств пластовых углеводородных систем	2	1	1	Текущий контроль, программа Корреляция
13	Специальные задачи по PVT	2	2	-	Текущий контроль
14	Итоговая аттестация	1	-	1	Выходной тест
<b>ИТОГО</b>		<b>40</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	

## **Рабочие программы (тематическое содержание) модулей:**

### **Исследования пластовых флюидов: цели и задачи.**

Зачем изучать и моделировать свойства пластовых флюидов? Области применения данных о PVT-свойствах пластовых флюидов. Основные задачи, которые невозможно решить без данных о составе и свойствах пластовых флюидов

### **Состав природных углеводородных систем. Терминология, классификация, примеры.**

Компонентный и групповой состав пластовых углеводородных систем. Примере компонентного состава различных месторождений нефти и природного газа. Основные термины для идентификации состава пластового флюида. Классификация свойств флюидов согласно нормативным документам. Условные обозначения

### **Фазовые диаграммы чистого вещества, многокомпонентной системы «пар-жидкость».**

Фазовая диаграмма чистого вещества. Фазовые диаграммы «пар-жидкость» для бинарных систем» в координатах «давление-температура» и «давление-объем». Фазовая диаграмма многокомпонентной углеводородной системы. Примеры реальных фазовых диаграмм пластовых флюидов месторождений нефти и газа.

### **Типы пластовых углеводородных флюидов.**

Классификация пластовых углеводородных флюидов. Описание особенностей и свойств каждого из типов флюидов (черная нефть, летучая нефть, газоконденсатная система, жирный газ, сухой газ) с приведением примеров из практики. Изучение способов определения типа пластового флюида по компонентному составу, фазовой диаграмме и PVT-свойствам. Практические задачи.

### **Уравнения состояния. Постановка задач расчета парожидкостного равновесия.**

Развитие уравнения состояния: от уравнения идеального газа до кубических трёхпараметрических уравнений состояния Пенга-Робинсона и Соаве-Редлиха-Квонга. Методы применения уравнения состояния для природных углеводородных систем. Основные параметры современных уравнений состояния, используемых на практике при моделировании PVT-свойств пластовых флюидов. Постановка задачи парожидкостного уравнения и способы решения системы уравнений. Необходимые исходные данные для применения уравнений состояния в PVT-симуляторах на практике.

### **Отбор проб флюидов**

Типы проб и виды пробоотборников. Условия отбора кондиционных проб на промысле, а также оценка качества проб в лаборатории. Необходимый набор проб для определения термодинамических и физико-химических свойств флюидов. Параметры работы скважины при отборе глубинных проб пластовых флюидов и газоконденсатных исследованиях. Практические примеры отбора проб, описание плюсов и минусов существующих пробоотборников.

### **Промысловые и лабораторные исследования пластовой нефти**

Основные PVT-свойства пластовой нефти (объемный коэффициент, изотермический коэффициент сжимаемости, газосодержание, плотность сепарированной нефти, вязкость пластовой нефти, плотность растворенного газа и т.д.): определение и способы получения. Методы определения компонентного состава пластовой нефти. Описание лабораторных исследований (контактное разгазирование, однократная и ступенчатая сепарация, дифференциальное разгазирование и т.д.). Зависимости свойств пластовой нефти от

давления при постоянной температуре. Подсчетные параметры пластовой нефти и растворенного газа и как их получать. Практическая работа по созданию PVT-модели и основных экспериментов в PVT-симуляторе tNavigator.

### **Создание и адаптация PVT-модели пластовой нефти в ПО PVT дизайнер tNavigator**

Описание поэтапного инженерного метода создания и адаптации PVT-модели пластовой нефти в ПО tNavigator. Совместное создание PVT-модели одной из реальных пластовых систем на основе разработанной инструкции. Практическая работа по адаптации PVT-модели на основные PVT-свойства в ПО tNavigator. Отработка метода адаптации моделей самостоятельно на втором примере реальной пробы пластовой нефти.

### **Промысловые и лабораторные исследования пластовых газоконденсатных систем**

Основные PVT-свойства пластовой газоконденсатной системы (Z-фактор пластового газа, Потенциальное содержание  $C_{5+}$  в пластовом и добываемом газе, вязкость пластового газа, плотность стабильного конденсата, потери насыщенного конденсата в пласте при снижении давления): определение и способы получения. Описание лабораторных исследований (контактная конденсация, контактно-дифференциальная конденсация, промысловые газоконденсатные исследования и т.д.). Методы определения компонентного состава пластового газа. Зависимости свойств пластовой газоконденсатной системы от давления при постоянной температуре. Подсчетные параметры и как их получать. Практическая работа по созданию PVT-модели и основных экспериментов в PVT-симуляторе tNavigator.

### **Создание и адаптация PVT-модели пластовой газоконденсатной системы в ПО PVT дизайнер tNavigator**

Описание поэтапного инженерного метода создания и адаптации PVT-модели пластовой газоконденсатной системы в ПО tNavigator. Совместное создание PVT-модели одной из реальных пластовых систем на основе разработанной инструкции. Практическая работа по адаптации PVT-модели на основные PVT-свойства в ПО tNavigator. Отработка метода адаптации моделей самостоятельно на втором примере реальной пробы пластовой газоконденсатной системы.

### **Использование корреляций для расчета PVT-свойств пластовых углеводородных систем**

Описание принципа создания корреляций для определения PVT-свойств пластовой нефти и природного газа. Примеры корреляций для определения свойств. Практическая работа в специальном программном продукте. Описание зависимостей свойств нефти и газа друг от друга.

### **Специальные задачи по PVT**

Рассмотрение разделов по выпадению твердой фазы, методам увеличения нефтеотдачи, изменению состава и свойств пластового флюида по действием гравитации и т.д. в зависимости от интереса слушателей. Теория и использование в PVT-модели

### Календарный учебный график:

№	Наименование модулей	Всего часов	Учебные дни				
			1	2	3	4	5
1	Исследования пластовых флюидов: цели и задачи	1	8				
2	Состав природных углеводородных систем. Терминология, классификация, примеры	2					
3	Фазовые диаграммы чистого вещества, многокомпонентной системы «пар-жидкость» Типы пластовых углеводородных флюидов.	9					
4	Уравнения состояния. Постановка задач расчета парожидкостного равновесия.	2		8			
5	Отбор проб флюидов	2					
6	Промысловые и лабораторные исследования пластовой нефти	1					
7	Осреднение результатов исследований	2			8		
8	Создание и адаптация PVT-модели пластовой нефти в ПО PVT дизайнер tNavigator	1					
9	Промысловые и лабораторные исследования пластовых газоконденсатных систем	8					
10	Создание и адаптация PVT-модели пластовой газоконденсатной системы в ПО PVT дизайнер tNavigator	3				8	
11	Использование корреляций для расчета PVT-свойств пластовых углеводородных систем	2					
12	Специальные задачи по PVT	5					
13	Итоговая аттестация	3					
<b>ИТОГО</b>		<b>40</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

### ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

<b>Трудоемкость:</b>	40 часов
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Виды занятий:</b>	лекционные, практические
<b>Формы аттестации:</b>	текущий контроль, итоговое тестирование
<b>Режим занятий:</b>	8 академических часов в день
<b>Срок обучения:</b>	5 дней

### Категория слушателей:

Курс повышения квалификации могут пройти лица, имеющие (получающие) высшее или среднее профессиональное образование по соответствующей специальности либо прошедшие профессиональную переподготовку по соответствующему направлению.

### Технологии и методы обучения:

Лекция, решение задач, проведение расчетов, построение графиков, мозговой штурм, тренинг, упражнения, мастер-класс

### **Учебно-методическое обеспечение:**

Презентации по модулям курса, раздаточный материал, тесты, примеры для решения задач, документы в электронном формате, ПО PVT дизайнер tNavigator

### **Материально-техническое обеспечение:**

Аудитория, столы, стулья, ноутбуки с доступом в Интернет, мультимедийный проектор и экран, презентер, аудиокolonки, магнитно-маркерная доска, комплект лицензионного программного обеспечения (MS Excel, Word, Power Point, и др.). Специальная программа моделирования свойств пластовых флюидов (PVT) PVT дизайнер tNavigator– лицензия для лектора и каждого участника курса на время проведения курса.

### **Кадровое обеспечение:**

Образовательный процесс обеспечивается научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю программы, и ученую степень или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научной и/или научно-методической деятельностью, преподаватели из числа действующих руководителей и ведущих работников профильных организаций.

### **Информационное обеспечение:**

1. Брусиловский А.И. Фазовые равновесия при разработке месторождений нефти и газа/ М.: Издательский дом «Грааль». – 2002. – 575 с.
2. Pedersen, K. S. Phase behavior of petroleum reservoir fluids. – Taylor & Francis Group, 2007
3. Whitson C. H., Brulé M. R. Phase Behavior. SPE Monograph Series. – Texas, Richardson, 2000.
4. Ali Danesh. Pvt and Phase Behaviour of Petroleum Reservoir Fluids. – Elsevier, 1998.
5. Ahmed, T. Equations of State and PVT Analysis. Applications for Improved Reservoir Modeling. - Houston, Texas, 2007
6. Ющенко Т.С., Брусиловский А.И. Поэтапный подход к созданию и адаптации PVT-моделей пластовых углеводородных систем на основе уравнения состояния/ Георесурсы, 24(3). – 2022. - с. 164–181.

### **Документ о квалификации:**

Лицам, успешно освоившим соответствующую дополнительную профессиональную программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о повышении квалификации. При освоении дополнительной профессиональной программы параллельно с получением среднего и (или) высшего образования удостоверение о повышении квалификации выдается одновременно с получением соответствующего документа об образовании и о квалификации.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ**

### **Формы аттестации:**

1. Предварительный контроль в форме опроса письменного
2. Текущий контроль в форме решения и проверки задач, наблюдения за слушателями

### 3. Итоговый контроль в форме опроса письменного

#### **Оценочные материалы:**

Тест для предварительного контроля, тест для итогового контроля.

#### **Оценка результатов аттестации:**

Для определения результатов аттестации устанавливается диапазон баллов, которые необходимо набрать для того, чтобы получить отличную, хорошую, удовлетворительную или неудовлетворительную оценки.

Шкала перевода результатов тестирования в оценку результатов аттестации:

<i>Процент выполненных заданий теста</i>	<i>Оценка</i>	<i>Результат аттестации</i>
85-100	Отлично	Слушатель аттестован
65-84	Хорошо	
50-64	Удовлетворительно	
0-49	Неудовлетворительно	Слушатель не аттестован