

УТВЕРЖДАЮ

Директор НОУ «Академия ИНГМ»


В.В. Лавров

_____ 2021 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ (ЭКСПЕРТНЫЙ)»

Разработал:

преподаватель В.Р. Сыртланов, к.ф.-м.н.,
консультант по геологии и разработке АО «Бейкер Хьюз»,
эксперт ГКЗ и ЦКР Роснедпа, член ЕСОЭН

г. Томск

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ	
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
2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ	
2.1. Учебный план.....	4
2.2. Рабочие программы (тематическое содержание) модулей	5
2.3. Календарный учебный график	6
3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	
3.1. Категория слушателей	7
3.2. Технологии и методы обучения.....	7
3.3. Учебно-методическое обеспечение.....	7
3.4. Материально-техническое обеспечение.....	7
3.5. Кадровое обеспечение.....	7
3.6. Информационное обеспечение.....	8
3.7. Электронные ресурсы.....	8
3.8. Документ о квалификации.....	8
4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ	
4.1. Формы аттестации.....	9
4.2. Оценочные материалы.....	9
4.3. 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 до экспертного уровня в области геолого-гидродинамического моделирования месторождений углеводородов, разрабатываемых на основе современных технологий, с обобщением практического опыта в моделировании, с использованием аналитических и эмпирических закономерностей многофазной фильтрации в пластах, с учетом неопределенностей геолого-геофизических данных и оценки рисков при подборе геолого-технологических моделей, включая интеллектуальное заканчивание скважин.

Задачи:

- углубить теоретические представления о моделировании месторождений углеводородов;
- научиться использовать методы расширенного анализа входных данных для модели;
- изучить приемы повышения уровня адаптации моделей, оперативной оценки качества моделей;
- правильно учитывать особенности технологических аспектов бурения скважин, проведения геолого-технологических моделей, методов повышения нефтеотдачи пластов и элементы интеллектуального заканчивания при прогнозе показателей разработки.

Планируемые результаты обучения:

усовершенствованные профессиональные компетенции, выраженные в знаниях и способностях:

- использовать аналитические решения и эмпирические зависимости для анализа и корректировки входных данных геолого-технологических моделей;
- проводить оценку диапазонов и характеристики неопределенности данных, учитывать особенности симуляторов и погрешности настройки для оценки рисков;
- использовать элементы автоматизации при подготовке и настройке гидродинамических моделей;
- осуществлять оптимизацию вариантов прогноза при расчете эффективности ГТМ и проектировании разработки;
- оперативно оценивать и выявлять наиболее критичные параметры качества геолого-гидродинамических моделей.

Характеристика профессиональной деятельности слушателей:

Область профессиональной деятельности слушателей, освоивших программу курса повышения квалификации, включает анализ разработки месторождений с использованием геолого-гидродинамического моделирования, обоснование технологических показателей разработки на основе модельных расчетов в рамках подсчета извлекаемых запасов углеводородного сырья и проектирования разработки месторождений нефти и газа, совершенствование подходов к моделированию и научные исследования в области многофазной фильтрации.

Объектами профессиональной деятельности слушателей являются месторождения нефти, газа и газового конденсата, технологические процессы и устройства в системах добычи и транспорта нефти и газа, информационные системы и специализированное программное обеспечение для моделирования процессов в пластах.

Виды профессиональной деятельности слушателей: производственно-технологическая, организационно-управленческая, экспериментально-исследовательская, проектная, информационно-вычислительная, 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	Особенности физико-математического аппарата, лежащего в основе моделирования месторождений углеводородов.	4	2	2	Текущий контроль
2	Методы задания в модели входных данных по зависимостям, выявленным по результатам анализа исследований и промысловых данных.	4	2	2	Текущий контроль
3	Аналитические решения для использования элементов анализа разработки при задании и модификации параметров моделей.	4	2	2	Текущий контроль
4	Моделирование наклонных и горизонтальных скважин, сегментация скважин и учет элементов интеллектуального заканчивания скважин	6	2	4	Текущий контроль
5	Особенности моделирования геолого-технических мероприятий и некоторых методов повышения нефтеотдачи	6	2	4	Текущий контроль

6	Адаптация моделей на историю разработки, основные методические приемы, подходы к автоматизации адаптации, элементы контроля качества.	6	2	4	Текущий контроль
7	Прогноз показателей разработки. Планирование геолого-технологических моделей и МУН с использованием моделей. Оптимизация заводнения.	6	2	4	Текущий контроль
8	Оперативная и полномасштабная оценка качества фильтрационных моделей.	2	-	2	Текущий контроль
9	Итоговая аттестация	2	-	2	Тестирование
	ИТОГО	40	14	26	

Рабочие программы (тематическое содержание) модулей:

Особенности физико-математического аппарата, лежащего в основе моделирования месторождений углеводородов.

Основные элементы физических и математических моделей течения многофазных смесей и фильтрации в углеводородном пласте.

Способы упрощения уравнений фильтрации, аналитические решения для задач нефтегазодобычи, ограничения для аналитических решений, распространенные эмпирические зависимости.

Особенности вычислительных алгоритмов, лежащих в основе ПО по гидродинамическому моделированию, их влияние на погрешность расчетов.

Методы задания в модели входных данных по зависимостям, выявленным по результату анализа исследований и промысловых данных.

Корректировка ФЕС, полученных из геологической модели с учетом ГДИС, ПГИ и данным истории разработки. Особенности задания PVT-свойств и формирования композиционных (EOS) или упрощенных (Black Oil) моделей. Задание, выявление диапазонов изменения концевых точек, масштабирование и модификация ОФП, Способы корректировки по результатам воспроизведения истории разработки. Типичные ошибки.

Аналитические решения для использования элементов анализа разработки при задании и модификации параметров моделей.

Оценка соответствия параметров геологической модели упрощенным аналитическим решениям по результатам разработки. Анализ согласованности результатов лабораторных и промысловых исследований и эмпирических зависимостей.

Способы использования метода материального баланса для оценки пластовых параметров. Анализ диагностических кривых и корректировка параметров пласта. Выявление и задание в модели механизмов обводнения и прорывов газа.

Моделирование наклонных и горизонтальных скважин, сегментация скважин и учет элементов интеллектуального заканчивания скважин.

Задание скважин в симуляторах, особенности учета геометрии, имитации способов вскрытия пласта, расчет притока к скважинам. Учет многофазного течения в ствол скважин.

Особенности сегментирования скважин в симуляторе и способы моделирования различных элементов интеллектуального заканчивания.

Особенности моделирования геолого-технических мероприятий и некоторых методов повышения нефтеотдачи.

Способы имитации различных ГТМ и МУН. Требования к моделям и исходным данным для корректного моделирования МУН. Особенности моделирования термического, газового и физико-химического воздействия.

Моделирование ГРП. Приемы для упрощенных модификаций для ГТМ.

Адаптация моделей на историю разработки, основные методические приемы, подходы к автоматизации адаптации, элементы контроля качества.

Основные этапы и принципы адаптации с учетом выявленных закономерностей. Типичные ошибки при адаптации гидродинамических моделей. Технические приемы и алгоритмы для модификации различных параметров. Рассмотрение практических примеров. Преимущества и ограничения автоматизированной адаптации модели на историю разработки.

Прогноз показателей разработки. Планирование геолого-технологических моделей и МУН с использованием моделей. Оптимизация заводнения.

Подготовка вариантов для оптимизации разработки. Подбор скважин для бурения и ГТМ, карты прогнозных показателей и карты рисков.

Элементы автоматизации при подборе параметров намечаемых ГТМ.

Прогноз эффективности МУН.

Подходы к методике моделирования адресных мероприятий по оптимизации заводнения.

Оперативная и полномасштабная оценка качества фильтрационных моделей.

Ключевые элементы, определяющие качество гидродинамической модели. Оценка соответствия созданной геолого-гидродинамической модели требованиям регламентов. Проверка соответствия результатам лабораторных и промысловых исследований. Экспресс оценка элементов модели. Интегральная оценка и определение области возможного применения и ограничений модели.

Календарный учебный график:

№	Наименование модулей	Всего часов	Учебные дни				
			1	2	3	4	5
1	Особенности физико-математического аппарата, лежащего в основе моделирования месторождений углеводородов.	4					
2	Методы задания в модели входных данных по зависимостям, выявленным по результатам анализа исследований и промысловых данных.	4	8				
3	Аналитические решения для использования элементов анализа разработки при задании и модификации параметров моделей.	4		8			
4	Моделирование наклонных и горизонтальных скважин, сегментация скважин и учет элементов интеллектуального заканчивания скважин	6					
5	Особенности моделирование геолого-технических мероприятий и некоторых методов повышения нефтеотдачи	6			8		
6	Адаптация моделей на историю разработки, основные методические приемы, подходы к автоматизации адаптации, элементы контроля качества.	6				8	
7	Прогноз показателей разработки. Планирование геолого-технологических моделей и МУН с использованием моделей. Оптимизация заводнения.	6					

8	Оперативная и полномасштабная оценка качества фильтрационных моделей.	2					8
9	Итоговая аттестация	2					
	ИТОГО	40	8	8	8	8	8

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

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

Категория слушателей:

Курс повышения квалификации могут пройти лица, имеющие (получающие) высшее или среднее физико-математическое или техническое профессиональное образование по соответствующей специальности либо прошедшие профессиональную переподготовку по соответствующему направлению, имеющие многолетний опыт работы с программным обеспечением по моделированию.

Технологии и методы обучения:

лекция, демонстрация работы специализированного ПО, моделирование (подготовка элементов модели, сборка модели, адаптация модели на историю разработки, проведение расчетов), самостоятельная работа, решение задач.

Учебно-методическое обеспечение:

презентации по модулям курса, раздаточный материал, учебные компьютерные модели, входные файлы с данными для моделей.

Материально-техническое обеспечение:

аудитория, столы, стулья, ноутбуки с доступом в Интернет, мультимедийный проектор и экран, презентер, аудиоколонки, магнитно-маркерная доска, комплект лицензионного программного обеспечения (MS Power Point, Word, Excel и др., желательно наличие MS Access), специализированное ПО для моделирования (Tempest MORE, включая Tempest Enable, или tNavigator, или Eclipse, или CMG (Imex, Gem, Stars)).

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. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений РД 153-39.0-047-00. – М.: МинТопЭнерго, 2000.
2. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. Часть 2. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003 г.
3. Dake L.P. The practice of reservoir engineering. //Elsevier Science B.V, 1994
4. Батлер Р.М. Горизонтальные скважины для добычи нефти, газа и битумов - М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2010. — 544 с.
5. Economides, Michael J. Unified Fracture Design. Orsa Press, Alvin, Texas, 2002.
6. Noaman El-Khatib: Waterflooding Performance, SPE Reservoir Eval. & Eng., Vol. 2, No. 6, December 1999, p/542-549.
7. Wolcott D. Applied Waterflooding//Energy Tribune Publishing Inc., 2009.
8. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. Пер. с англ. – М.: Недра, 1982. – 407 с.
9. Косентино Л. Системные подходы к изучению пластов. - М. - Ижевск: ИКИ, 2008. - 400 с.
10. Карлсон М. Практическое моделирование нефтегазовых пластов. - М. - Ижевск: ИКИ, 2012. - 944 с.
11. Закревский К.Е., Сыртланов В.Р., Майсюк Д.М. "Оценка качества 3D моделей» - М. - Москва, 2008. - 180 с.

Электронные ресурсы:

1. <https://onepetro.org> - The online library of technical literature for the oil and gas industry
2. <https://ntc.gazprom-neft.ru/research-and-development/proneft/> - Научно-технический журнал «ПРОнефть».
3. <https://burneft.ru/> - журнал «Бурение и нефть»
4. <https://fuelsdigest.com/> - журнал Fuels Digest

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 тестирования .
2. Текущий контроль в форме опроса устного или письменного, решения и проверки задач.
3. Итоговый контроль в форме тестирования и проекта в форме создания модели и проведения расчетов.

Оценочные материалы:

Тест для предварительного контроля, тест для итогового контроля, комплект задач, комплект упражнений, набор моделей и заданий для проекта.

Образец теста для предварительного контроля:

1. Предельная депрессия для недопущения конусообразования в скважине в ВНЗ однородного пласта (со следующими характеристиками мощность 50 м, плотность нефти 800 кг/м³, скважина перфорирована на уровне кровли пласта) примерно равна.

а. 1 атм; б.5 атм; в. 2 атм; г. 0.5 атм

2. Формула Джоши притока к горизонтальной скважине – это ..

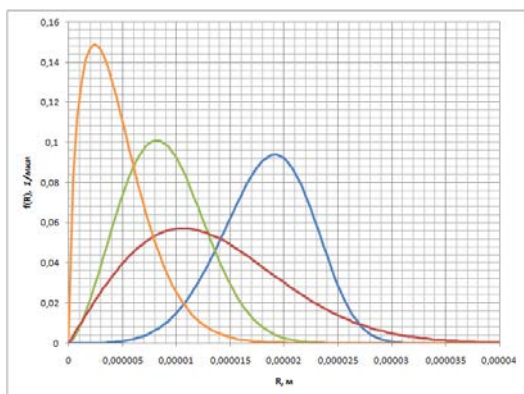
$$\text{а) } q = \frac{2\pi kh}{\mu} \frac{\Delta p}{\left[\ln\left(\frac{a + \sqrt{a^2 - (L/2)^2}}{L/2}\right) + \frac{h}{L} \ln\left(\frac{h}{2\pi R_w}\right) \right]}, \quad a = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{1}{4} + \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{2R_c}{L}\right)^4}}$$

$$\text{б) } q = \frac{2\pi kh}{\mu} \frac{\Delta p}{\left[\ln\left(\frac{a + \sqrt{a^2 - (L/2)^2}}{L/2}\right) + \frac{h\varepsilon^2}{L} \ln\left(\frac{h}{2\pi R_w}\right) \right]}, \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{k_x}{k_z}}$$

$$\text{в) } q = \frac{2kLh}{\mu} \frac{\Delta p}{\left\{ R_c + \frac{h}{\pi} \left[\ln\frac{h}{2\pi R_w} - \frac{1}{2} \ln\left[\left(\frac{\pi R_w}{2h}\right)^2 + \sin^2\frac{\pi b}{h} \right] \right] \right\}}$$

$$\text{г) } q = \frac{2k_x L h}{\mu} \frac{\Delta p}{\left\{ R_c + \frac{h}{\pi} \varepsilon \left[\ln\frac{h\varepsilon}{\pi R_w(1+\varepsilon)} - \frac{1}{2} \ln\left[\left(\frac{\pi R_w(1+\varepsilon)}{4h\varepsilon}\right)^2 + \sin^2\frac{\pi b}{h} \right] \right] \right\}}$$

3. Характерные распределения пор по размерам приведены ниже. Указать распределение соответствующее быстрейшему началу обводнения (цвет соответствующей кривой).



а) оранжевая; б) зеленая; в) красная; г) синяя.

Образец теста для итогового контроля:

1. Модель разделили на две секторные модели, характеристики каждого сектора (геологические запасы нефти 1 млн.т., воды 1 млн.т., накопленная добыча нефти 100 тыс.т., воды 30 тыс.т., плотность нефти 0.85 т/м³, объ.коэф. 1.2 м³/м³ (для воды, соответственно 1 и 1, сжимаемости порового объема и воды – $5 \cdot 10^{-5}$ атм⁻¹, нефти – $10 \cdot 10^{-5}$ атм⁻¹, начальное пластовое давление 279 атм, текущее – 200 в секторе 1, 320 в секторе 2). На границе секторов – нагнетательная скважина (с накопленной закачкой 340тыс.т.) входящая в каждый сектор с некоторой долей закачки. Какая примерно доля закачки в 1 секторе корректная?

а. 30%; б. 35%; в. 40%; г. 45%.

2. Вертикальная скважина вскрывшая в водоплавающей залежи 15 м в верхней части пласта с нефтенасыщенной мощностью 20 м, начала обводняться через 3 месяца работы со средним дебитом 50 м³/сут. Оценить примерную величину вертикальной анизотропии (отношения вертикальной проницаемости к горизонтальной) (объемный коэффициент нефти 1.2 м³/м³, песчанность 1, пористость 0.3, нефтенасыщенность 0.68).

а. 1; б. 0.25; в. 0.05; г. 0.1.

3. За 6-часовой период опробования вертикальной скважины (радиуса 0.1 м) получен дебит 50 куб.м/сут при P заб 100 атм (пластовое давление 200 атм, давление насыщения, 50 атм, эфф. нефт.толщина 5 м, Скин-фактор =0, пьезопроводность 0.01м²/с, вязкость 1 сПз, объ.коэффициент 1). Проницаемость пласта примерно равна

а. ~1 мД ;б. ~10 мД; в. ~15 мД; г. ~50 мД

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