

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**филиал ТИУ в г. Сургуте**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заместитель  
директора по УМР



А.А. Акчурина  
«31» августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Наименование дисциплины:	<b>Экспертная оценка качества гидродинамических моделей</b>
направление подготовки:	<b>21.03.01 Нефтегазовое дело</b>
направленность:	<b>Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти</b>
форма обучения:	<b>очная/очно-заочная</b>

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 23.06.2022 г. и требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, направленность Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти к результатам освоения дисциплины «Экспертная оценка качества гидродинамических моделей».

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры Нефтегазовое дело

Протокол №   1   от «31»   08   2022 г.

Заведующий кафедрой  Р.Д. Татлыев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой  Р.Д. Татлыев

«31»   08   2022 г.

Рабочую программу разработал:  
доцент кафедры НД, к.э.н. 

Янукян А.П.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины «Экспертная оценка качества гидродинамических моделей разработки месторождения» является ознакомить студента с основными методами экспертной оценки качества гидродинамических моделей и требованиями к их составлению.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить требования предъявляемые к гидродинамическим моделям разработки месторождения;
  - изучить методику экспертной оценки качества гидродинамических моделей;
  - ознакомить обучающихся с основными прикладными программными продуктами в области моделирования разработки месторождений нефти;
  - развитие у обучающихся способности реализовывать приобретенные навыки проведения самостоятельных гидродинамических исследований скважин и пластов;
  - обучить качественно и на должном уровне планировать, проводить и интерпретировать полученные результаты исследований для дальнейшего использования при построении математических и фильтрационных моделей пласта.
- закрепление, обобщение, углубление и расширение знаний, полученных при изучении базовых дисциплин, приобретение новых компетенций и формирование умений и навыков, необходимых для изучения специальных инженерных дисциплин и для последующей трудовой деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

### **знание:**

- основных прикладных программных продуктов в области моделирования разработки месторождений нефти;
- основных параметров определяемых по гидродинамической модели;
- основных приборов и оборудования применяемых в нефтегазовой промышленности;
- законов гидравлики и нефтегазовой гидромеханики;

### **умение:**

- пользоваться средствами обработки информации;
- разрабатывать типовые проектные документы
- интерпретировать результаты исследования скважин и пластов гидродинамическими методами и геофизическими методами;

### **владение:**

- методами и средствами планирования и организации исследований и разработок, проведения экспериментов и наблюдений;
- навыками работы с технической и нормативной документацией.

Содержание дисциплины «Экспертная оценка качества гидродинамических моделей» является логическим продолжением содержания дисциплин «Нефтегазопромысловая геология», «Основы проектирования разработки месторождений нефти».

## 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 (модулю)
<b>ПКС-4</b> Способность осуществлять оперативное сопровождение технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-4.3 Осуществляет выбор порядка выполнения работ по сопровождению технологических процессов	Знать (З1): требования и порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов
		Уметь (У1): пользоваться измерительными приборами и различными методами измерений
		Владеть (В1): навыками измерений и обработки полученных результатов
<b>ПКС-7</b> Способность выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-7.1 Осуществляет сбор, анализ и систематизацию исходных данных для проектирования	Знать: основные стандарты и действующие инструкции в области оценки качества гидродинамических моделей
		Уметь: осуществлять выбор необходимой нормативной документации
		Владеть: навыками работы с нормативными документами
	ПКС-7.2 Анализирует и обобщает современный опыт проектирования технологических процессов	Знать: формы и содержание типовых документов в области оценки качества гидродинамических моделей
		Уметь: разрабатывать типовые проектные документы
		Владеть: навыками работы со специализированным программным обеспечением в области оценки качества гидродинамических моделей

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет **3** зачетных единицы, **108** часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс, семестр	Аудиторные занятия / контактная работа, час.				Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	контроль		
очная/очно-заочная	4,8/5,А	24/24	12/12	-	36/36	36/36	экзамен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины

**-очная (ОФО)/очно-заочная(ОЗФО)/заочная (ЗФО) форма обучения**

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	1	Общие положения регламентирующих документов по экспертизе гидродинамических моделей	6/6	2/2	-	8/8	16/16	ПКС-4.3 ПКС-7.1 ПКС-7.2	Тест
2	2	необходимые исходные данные и основные программные продукты для геологического моделирования	6/6	2/2	-	8/8	16/16	ПКС-4.3 ПКС-7.1 ПКС-7.2	Тест
3	3	необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования. воспроизведение истории разработки	6/6	4/4	-	10/10	20/20	ПКС-4.3 ПКС-7.1 ПКС-7.2	Тест
4	4	Основные программные продукты для гидродинамического моделирования	6/6	4/4	-	10/10	20/20	ПКС-4.3 ПКС-7.1 ПКС-7.2	Тест
5	Экзамен				-		36/36	ПКС-4.3 ПКС-7.1 ПКС-7.2	Вопросы к зачёту
Итого:			24/24	12/12	-	36/36	108/108		

### 5.2. Содержание дисциплины.

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

### **Раздел 1. Общие положения регламентирующих документов по экспертизе гидродинамических моделей**

Критерии оценки качества модели. Паспорт гидродинамической модели. Трехмерная аппроксимация гидродинамической модели. Характеристика гидродинамической модели. Требования к картам построенным на основе гидродинамической модели. Примеры экспертных заключений по построению гидродинамических моделей.

### **Раздел 2. Необходимые исходные данные и основные программные продукты для геологического моделирования**

Основные этапы технологии 3D моделирования. Программные пакеты и основные виды исходных данных для цифрового геологического моделирования. Способы построения модели и получаемые результаты. Оценка геофизических параметров и ФЕС. Поинтервальная или поточечная непрерывная интерпретация по разрезу с выделением литотипов пород. Принципы выбора границ проекта моделирования.

### **Раздел 3. Необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования. воспроизведение истории разработки**

Этапы гидродинамического моделирования. Постоянно-действующая геолого-технологическая модель месторождения. Решение обратных задач гидродинамического моделирования. Основные исходные данные для создания гидродинамической модели. Адаптация гидродинамической модели или воспроизведение истории разработки месторождения. Принципы адаптации гидродинамических моделей. Прогноз технологических показателей разработки на основе адаптации гидродинамической модели.

### **Раздел 4. Основные программные продукты для гидродинамического моделирования**

Назначение и возможности программных комплексов: TimeZYX, HydroGeo, Navigator, Eclipse, IRAP-RMS при оценке качества гидродинамических моделей разработки месторождения.

5.2.2. Содержание дисциплины/модуля по видам учебных занятий.

#### **Лекционные занятия**

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
		ОФО/ ОЗФО/	
1	1	6/6	Общие положения регламентирующих документов по экспертизе гидродинамических моделей
2	2	6/6	необходимые исходные данные и основные программные продукты для геологического моделирования
3	3	6/6	необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования. воспроизведение истории разработки
4	4	6/6	Основные программные продукты для гидродинамического моделирования
Итого:		24/24	

#### **Практические занятия**

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема практического занятия
		ОФО/ ОЗФО/	
1	1,3	6/6	Приближенное аналитическое решение задач линейной фильтрации методом средневзвешенного потенциала (СВП)
2	2,4	6/6	Экспертиза гидродинамических моделей, создаваемых при подсчете и пересчете запасов месторождений углеводородного сырья
Итого:		12/12	

### 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/ ОЗФО/		
1	1	8/8	Общие положения регламентирующих документов по экспертизе гидродинамических моделей	Подготовка к практическим занятиям
2	2	8/8	необходимые исходные данные и основные программные продукты для геологического моделирования	Подготовка к практическим занятиям
3	3	10/10	необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования. воспроизведение истории разработки	Подготовка к практическим занятиям
4	4	10/10	Основные программные продукты для гидродинамического моделирования	Подготовка к практическим занятиям
Итого:		36/36		

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

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- индивидуальная работа (практические 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/модуля

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 очно-заочной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Тест № 1	0-20
2	Эссе	0-10
ИТОГО за первую текущую аттестацию		0-30
2 текущая аттестация		
3	Тест № 2	0-20
4	Эссе	0-10
ИТОГО за первую текущую аттестацию		0-30
3 текущая аттестация		
5	Выполнение практической работы по теме №1 «Приближенное аналитическое решение задач линейной фильтрации методом средневзвешенного потенциала (СВП)»	0-15
6	Выполнение практической работы по теме №2 «Экспертиза гидродинамических моделей, создаваемых при подсчете и пересчете запасов месторождений углеводородного сырья»	0-15
7	Эссе	0-10
ИТОГО за вторую текущую аттестацию		0-40
<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 «Перспектив»;
- ЭБС «Консультант студент»;
- Поисковые системы Internet: Яндекс, Гугл.
- Система поддержки учебного процесса Educon.
- Программный комплекс «Saphir»

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

- MS Office

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины/модуля	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины/модуля (демонстрационное оборудование)
1	Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть
2	-	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть
3	-	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть
4	-	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть

## 11. Методические указания

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методику и выполняют типовые расчеты. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно!

Задания на выполнение типовых расчетов на практических занятиях обучающиеся получают индивидуально. Порядок выполнения типовых расчетов изложены в следующих методических указаниях:

## Практическое занятие № 1

### Приближенное аналитическое решение задач линейной фильтрации методом средневзвешенного потенциала (СВП)

Метод средневзвешенного потенциала (СВП) проиллюстрируем на примере решения задачи

#### Задача № 1

Скважина радиусом  $r_c = 10 \text{ см}$  расположена в центре кругового пласта радиусом  $R_k = 350 \text{ м}$  (рис. 1). Коэффициент проницаемости пласта  $k = 0,8 D$ , толщина пласта  $h = 12 \text{ м}$ , динамический коэффициент вязкости нефти  $\mu = 5 \text{ сП}$ . Определить дебит скважины, считая, что залежь по контуру радиуса  $R_k$  частично непроницаема. Контур питания представляет собой в плане дугу окружности радиусом  $R_k$  с центральным углом  $\alpha = 120^\circ$ . Давление на контуре питания  $p_k = 27,9 \text{ МПа} = 285 \text{ кгс/см}^2$ , давление на забое скважины  $p_c = 7,84 \text{ МПа} = 80 \text{ кгс/см}^2$ .

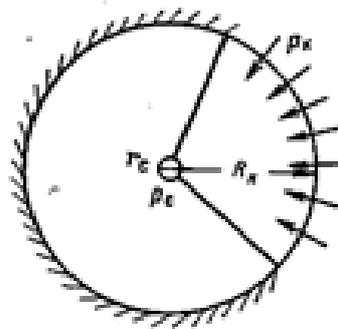


Рис. 1. Скважина, расположенная в центре кругового пласта

#### Методические рекомендации по решению задачи

Закон Дарси для линейного режима фильтрации несжимаемой жидкости (нефти) имеет вид:

$$\vec{v} = \text{grad } \varphi, \quad (1)$$

где

$$\varphi = -\frac{k \cdot P}{\mu}, \quad (2)$$

$k$  - проницаемость,  $P = p + \rho \cdot g \cdot z$  - приведенное давление,  $\mu$  - коэффициент динамической вязкости флюида,  $\rho$  - плотность флюида,  $g$  - ускорение свободного падения,  $z$  - вертикальная координата вдоль направленной вверх оси аппликат. Уравнение неразрывности имеет вид

$$\text{div } \vec{v} = 0. \quad (3)$$

После подстановки (1) в уравнение (2) относительно потенциала скорости фильтрации получаем уравнение Лапласа

$$\text{div}(\text{grad } \varphi) = 0. \quad (4)$$

Для плоскопараллельной фильтрации уравнение Лапласа (4) в полярных координатах имеет вид

$$r \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} = 0. \quad (5)$$

Граничные условия, с которыми следует интегрировать уравнение (5), в соответствии с условиями задачи таковы:

$$\varphi \Big|_{r=r_c} = \varphi_c = -\frac{k \cdot P_c}{\mu}, \text{ заданное забойное давление;} \quad (6)$$

$$\varphi \Big|_{\substack{r=R \\ 0 \leq \theta \leq \alpha = 120^\circ}} = \varphi_\kappa = -\frac{k \cdot P_\kappa}{\mu}, \text{ заданное давление на контуре питания;} \quad (7)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{\substack{r=R \\ \alpha < \theta \leq 2\pi}} = 0, \text{ условие на непроницаемой части дуги радиуса } R_\kappa. \quad (8)$$

Сложность задачи обусловлена наличием смешанных краевых условий Дирихле и Неймана на круговом контуре радиуса  $R_\kappa$ .

Для решения краевой задачи (5), (6), (7), (8) временно заменим краевое условие Дирихле (7) на краевое условие Неймана

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{\substack{r=R \\ 0 \leq \theta \leq \alpha = 120^\circ}} = v_0 = \text{const}, \quad (9)$$

где  $v_0$  некоторая подлежащая определению постоянная, выражающая собой среднее значение радиальной составляющей скорости фильтрации на дуге с углом  $\alpha = 120^\circ$ .

Заменим оба краевые условия (7), (8) на одно краевое условие Неймана

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{r=R} = f(\theta), \quad (9)$$

где  $f(\theta)$  некоторая подлежащая определению функция. Эту функцию можем моделировать, например, в виде

$$f(\theta) = \begin{cases} g_0 + g_1 \cdot \cos \theta + g_2 \cdot \sin \theta + g_3 \cdot \cos 2\theta + g_4 \cdot \sin 2\theta, & \text{если } 0 \leq \theta \leq \alpha \\ 0, & \text{если } \alpha < \theta \leq 2\pi \end{cases}, \quad (10)$$

где  $g$  - некоторые неопределенные коэффициенты. Для отыскания неопределенных коэффициентов применим метод коллокации. Для этого выбираем систему точек  $\theta_j, j = 1 \div N$  на

дуге  $0 \leq \theta \leq \alpha$  контура питания и по граничному условию  $\varphi \Big|_{\substack{r=R \\ 0 \leq \theta \leq \alpha = 120^\circ}} = \varphi_\kappa = -\frac{k \cdot P_\kappa}{\mu}$  состав-  
ляем переопределенную СЛАУ относительно коэффициентов  $g$

$$\varphi(R, \theta_j) = -\frac{k \cdot P_\kappa}{\mu}, \quad j = 1 \div N.$$

Из последней СЛАУ, которую решаем методом наименьших квадратов, найдем все коэффициенты  $g$ . После этого вычисляем дебит и распределение давления. Фактически получим точное решение задачи.

Решение задачи (5), (6), (8), (9) будем искать в виде ряда

$$\varphi = \varphi_c + A_0 \cdot \ln \left( \frac{r}{r_c} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \tilde{f}_n(r) \cdot \cos n\theta + \tilde{g}_n(r) \cdot \sin n\theta, \quad (10)$$

где  $A_0$  - некоторая пока произвольная постоянная, а  $\tilde{f}_n(r)$  и  $\tilde{g}_n(r)$  - пока неопределенные функции. После подстановки (10) в уравнение (5) относительно обеих функций  $\tilde{f}_n(r)$  и  $\tilde{g}_n(r)$  получаем однотопное уравнение

$$r \cdot \frac{d}{dr} \left[ r \cdot \frac{d\tilde{f}_n(r)}{dr} \right] - n^2 \cdot \tilde{f}_n(r) = 0. \quad (11)$$

Общее решение уравнения (11) имеет вид

$$\tilde{f}_n(r) = C_{1n} \cdot \left( \frac{r}{r_c} \right)^n + C_{2n} \cdot \left( \frac{r_c}{r} \right)^n, \quad (12)$$

где  $C_{1n}$  и  $C_{2n}$  - произвольные постоянные. Аналогично, для функции  $\tilde{g}_n(r)$  получаем выражение

$$\tilde{g}_n(r) = C_{3n} \cdot \left( \frac{r}{r_c} \right)^n + C_{4n} \cdot \left( \frac{r_c}{r} \right)^n, \quad (13)$$

где  $C_{3n}$  и  $C_{4n}$  - тоже произвольные постоянные. Произвольные постоянные  $A_0$ ,  $C_{1n}$ ,  $C_{2n}$ ,  $C_{3n}$  и  $C_{4n}$  удается уточнить с помощью граничного условия на контуре скважины. Подставляя (12), (13) в (10), а после этого ряд (10) в (6), для перечисленных произвольных постоянных получим выражения:  $C_{1n} = -C_{2n} = A_n$ ,  $C_{3n} = -C_{4n} = B_n$ . С учетом последних равенств выражение для ряда (10) принимает вид

$$\varphi = \varphi_c + A_0 \cdot \ln \left( \frac{r}{r_c} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} f_n(r) \cdot (A_n \cdot \cos n\theta + B_n \cdot \sin n\theta), \quad (14)$$

где

$$f_n(r) = \left( \frac{r}{r_c} \right)^n - \left( \frac{r_c}{r} \right)^n. \quad (15)$$

Подчеркнем, что ряд (14) при любых произвольных постоянных  $A_0$ ,  $A_n$  и  $B_n$  удовлетворяет уравнению (5) и граничному условию (6). Произвольные постоянные  $A_0$ ,  $A_n$  и  $B_n$  найдем из граничных условий (8) и (9). Для этого предварительно вычислим производную  $\frac{\partial \varphi}{\partial r}$ .

Из (14) находим:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{A_0}{r} + \sum_{n=1}^{\infty} f'_n(r) \cdot (A_n \cdot \cos n\theta + B_n \cdot \sin n\theta), \quad (16)$$

где

$$f'_n(r) = \frac{n}{r_c} \cdot \left[ \left( \frac{r}{r_c} \right)^{n-1} + \left( \frac{r_c}{r} \right)^{n+1} \right]. \quad (17)$$

Согласно граничным условиям (8) и (9) и формуле (16), имеем

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right|_{r=R} = \frac{A_0}{R} + \sum_{n=1}^{\infty} f'_n(R) \cdot (A_n \cdot \cos n\theta + B_n \cdot \sin n\theta) = \begin{cases} v_0, & \text{если } 0 \leq \theta \leq \alpha \\ 0, & \text{если } \alpha < \theta \leq 2\pi \end{cases}. \quad (18)$$

Раскладывая периодическую с периодом  $2\pi$  кусочно-постоянную функцию в правой части равенства (18) в ряд Фурье, получим следующие выражения для коэффициентов:

$$A_0 = \frac{R \cdot \alpha \cdot v_0}{2\pi}, \quad A_n = \frac{v_0 \cdot \sin n\alpha}{\pi \cdot n \cdot f'_n(R)}, \quad B_n = \frac{v_0 \cdot (1 - \cos n\alpha)}{\pi \cdot n \cdot f'_n(R)}. \quad (19)$$

Подставляя коэффициенты (19) в ряд (14), получим

$$\varphi = \varphi_c + \frac{R \cdot \alpha \cdot v_0}{2\pi} \cdot \ln \left( \frac{r}{r_c} \right) + \frac{v_0}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} f_n(r) \cdot \left( \frac{\sin n\alpha}{n \cdot f'_n(R)} \cdot \cos n\theta + \frac{1 - \cos n\alpha}{n \cdot f'_n(R)} \cdot \sin n\theta \right). \quad (20)$$

Из формулы (20) видно, что решение выражается через неопределенную постоянную  $v_0$ . Для расчета этой постоянной вернемся к первоначально заданному граничному условию (7). Подберем произвольную постоянную  $v_0$  так, чтобы граничное условие (7) выполнялось «в среднем», т.е. чтобы выполнялось равенство

$$\frac{1}{\alpha} \cdot \int_0^{\alpha} \varphi(R, \theta) \cdot d\theta = \varphi_k = -\frac{k \cdot P_k}{\mu}. \quad (21)$$

Подставляя (20) в (21), вычисляя интегралы и выполняя тождественные преобразования, получим выражение

$$\varphi_c + \frac{R \cdot \alpha \cdot v_0}{2\pi} \cdot \ln \left( \frac{R}{r_c} \right) + \frac{4v_0}{\pi \cdot \alpha} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} f_n(R) \cdot \frac{\sin^2 \left( \frac{n\alpha}{2} \right)}{n^2 \cdot f'_n(R)} = \varphi_k. \quad (22)$$

Из формулы (22) получаем следующее выражение неопределенной постоянной  $v_0$ :

$$v_0 = \frac{\pi \cdot (\varphi_k - \varphi_c)}{\frac{R \cdot \alpha}{2} \cdot \ln \left( \frac{R}{r_c} \right) + \frac{4}{\alpha} \cdot S(\alpha)}, \quad (23)$$

где

$$S(\alpha) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(R) \cdot \frac{\sin^2 \left( \frac{n\alpha}{2} \right)}{n^2 \cdot f'_n(R)}. \quad (24)$$

Вычислим теперь дебит  $Q$  скважины. Согласно закону Дарси  $v_r = \frac{\partial \varphi}{\partial r}$ . Поэтому, с учетом отрицательного знака проекции  $v_r$ , имеем:

$$Q = -\int_0^{\alpha} \frac{\partial \varphi(R, \theta)}{\partial r} \cdot R \cdot h \cdot d\theta = -\int_0^{\alpha} v_0 \cdot R \cdot h \cdot d\theta = -R \cdot v_0 \cdot h \cdot \alpha. \quad (25)$$

Подставляя в формулу (25) выражение (23), получаем

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot (\varphi_c - \varphi_k)}{\ln \left( \frac{R}{r_c} \right) + \frac{8}{R \cdot \alpha^2} \cdot S(\alpha)}. \quad (26)$$

Если в формулу (26) подставить значения  $\varphi_c$  и  $\varphi_k$  из граничных условий (6) и (7), то окончательно для дебита скважины получим выражение

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (P_k - P_c)}{\mu \cdot \left[ \ln \left( \frac{R}{r_c} \right) + \frac{8}{R \cdot \alpha^2} \cdot S(\alpha) \right]}. \quad (27)$$

Примечание: Учитывая, что

$$\frac{f_n(R)}{f'_n(R)} = \frac{\left( \frac{R}{r_c} \right)^n - \left( \frac{r_c}{R} \right)^n}{\frac{n}{r_c} \cdot \left[ \left( \frac{R}{r_c} \right)^{n-1} + \left( \frac{r_c}{R} \right)^{n+1} \right]} \cong \frac{\left( \frac{R}{r_c} \right)^n}{\frac{n}{r_c} \cdot \left[ \left( \frac{R}{r_c} \right)^{n-1} \right]} = \frac{R}{n}, \quad (28)$$

для суммы ряда  $S(\alpha)$  можно указать более простую формулу

$$S(\alpha) \cong R \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin^2 \left( \frac{n\alpha}{2} \right)}{n^3} = R \cdot s(\alpha), \quad \text{где} \quad s(\alpha) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin^2 \left( \frac{n\alpha}{2} \right)}{n^3}. \quad (29)$$

Отметим еще два предельных случая, которые вытекают из формулы (29). Во-первых, если  $\alpha \rightarrow 2\pi$ , то  $s(\alpha) \rightarrow 0$  и из (27) следует известная формула Дюпюи для дебита совершенной скважины  $Q_0$

$$Q_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (P_k - P_c)}{\mu \cdot \ln \left( \frac{R}{r_c} \right)}. \quad (30)$$

Во-вторых, если  $\alpha \rightarrow 0$ , то  $s(\alpha)$  может быть преобразована следующим образом к замкнутому виду. Заменяем в формуле выражение для синуса через косинус двойного угла. Затем учтем, что  $Li_a(z) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^n}{n^a}$  и  $Li_3(1) = \zeta(3)$ , где  $\zeta(z)$  –  $\zeta$ -функция Римана, а  $Li$  – полилогарифм. Окончательно для  $2\pi$ -периодической функции  $s(\alpha)$  получим выражение

$$s(\alpha) = \frac{1}{2} \zeta(3) - \frac{1}{2} \operatorname{Re}(Li_3(e^{i\alpha})), \quad (31)$$

из которого вытекает следующее асимптотическое разложение в нуле

$$s(\alpha) \sim \left( -\frac{1}{4} \ln(\alpha) + \frac{3}{8} \right) \alpha^2 + \frac{1}{576} \alpha^4 + \frac{1}{17280} \alpha^6 + O(\alpha^7), \quad \alpha \rightarrow 0. \quad (32)$$

Поэтому во втором случае получаем, что дебит

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (P_k - P_c)}{\mu \cdot \left[ \ln \left( \frac{R}{r_c} \right) + \frac{8}{R \cdot \alpha^2} \cdot S(\alpha) \right]} \xrightarrow{\alpha \rightarrow 0} \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (P_k - P_c)}{\mu \cdot \left[ \ln \left( \frac{R}{r_c} \right) + 3 - 2 \cdot \ln(\alpha) \right]} \rightarrow 0,$$

что и должно быть из физических соображений.

Из (27) и (30) получаем следующее окончательное выражение для относительного дебита  $Q/Q_0$ :

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{1 + \frac{8}{R \cdot \alpha^2} \cdot \frac{S(\alpha)}{\ln \left( \frac{R}{r_c} \right)}} \cong \frac{1}{1 + \frac{8}{\alpha^2} \cdot \frac{s(\alpha)}{\ln \left( \frac{R}{r_c} \right)}}. \quad (33)$$

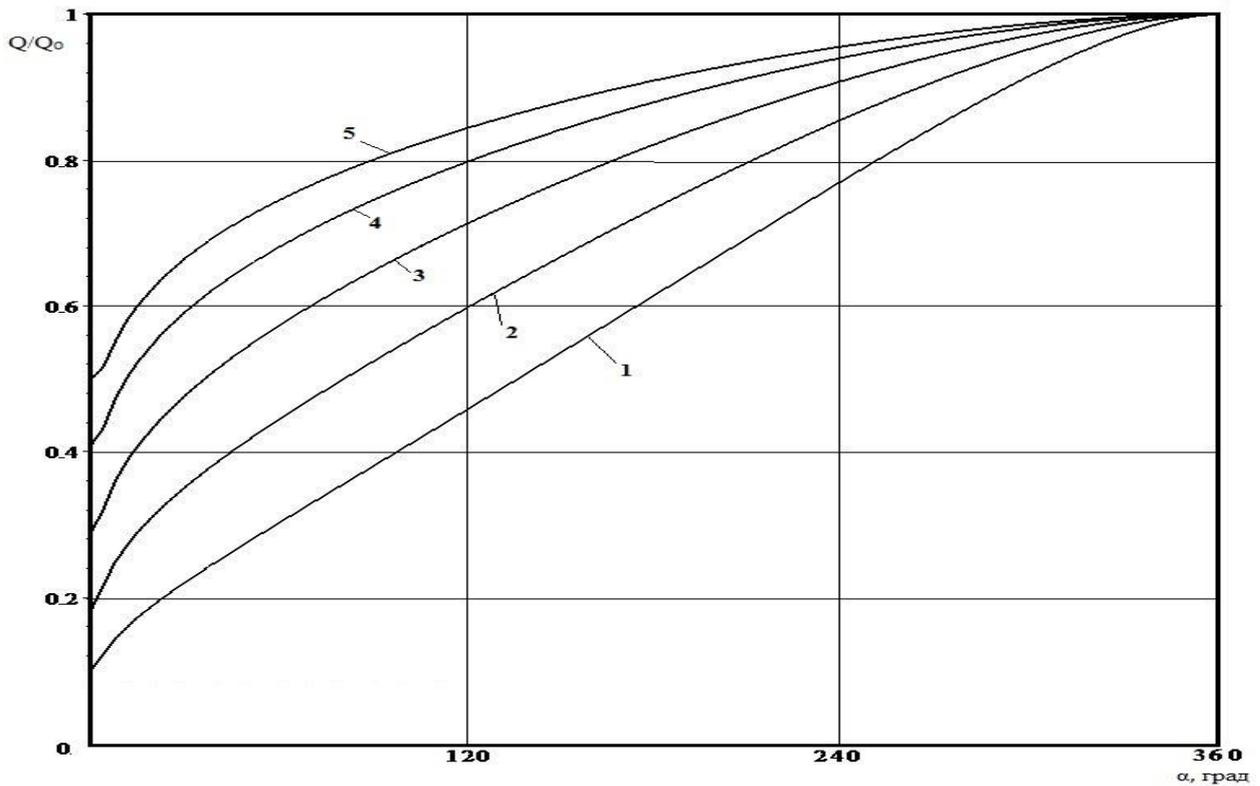


Рис. 2. Зависимости дебита скважины с разными углами раствора проницаемой дуги.

$\frac{R}{r_c} = 3; 10; 50; 500; 5000$  для кривых 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно

Все кривые выходят из точки (0,0) и оканчиваются точкой (360°, 1)

На рисунке 2 представлены построенные по формуле (33) графики зависимостей относительного дебита  $Q/Q_0$  от угла раствора проницаемой части дуги.

Проведем еще расчет дебита скважины в условиях задачи №34. Углу  $\alpha=120^\circ$  и отношению радиусов контура питания и скважины  $\frac{R}{r_c} = 3500$  соответствует значение  $Q/Q_0 = 0,84$ . С учетом дебита идеальной скважины  $Q_0 = 192 \text{ м}^3/\text{сут}$ , значение дебита составит  $Q = 161 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Для сравнения, задачник предполагает ответ  $Q = 14 \text{ м}^3/\text{сут}$ , что существенно ниже полученной оценки дебита. Существенно заниженное значение дебита в задачнике получается потому, что в расчете за контурное давление принималось средневзвешенное по длине круговой границы радиуса  $R$  области фильтрации. Результат вычислений показывает, что в качестве контурного давления средневзвешенное значение принимать нельзя.

**Ответ:** дебит скважины равен  $Q = 161 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Таблица 1

Исходные данные для решения  
Варианты 1-7

Данные	1	2	3	4	5	6	7
Радиус кругового пласта $R_k$ (м)	400	430	500	600	550	850	730
Коэффициент проницаемости пласта (дарси)	0,4	0,08	0,5	0,3	0,065	0,72	0,54
толщина пласта $h$ , (м)	12	11	15	6	8	17	14
динамический коэффициент вязкости нефти $\mu$ (сП)	6	5	4,3	1,8	2,1	3,6	4
Давление на контуре питания $P_k$ , МПа	30	25	30	26	21	32	27
давление на забое скважины $P_c$ , МПа	26	19	26	21	18	27	20

Варианты 8-14

Данные	8	9	10	11	12	13	14
Радиус кругового пласта $R_k$ (м)	300	400	360	380	450	550	700
Коэффициент проницаемости пласта (дарси)	0,6	0,8	0,53	0,33	0,65	0,087	0,1
толщина пласта $h$ , (м)	19	10	9	16	12	14	20
динамический коэффициент вязкости нефти $\mu$ (сП)	4,8	3,2	2,3	3,3	2,7	3,2	1,6

Давление на контуре питания $P_k$ , МПа	30	25	30	26	21	32	27
давление на забое скважины $P_c$ , МПа	26	19	26	21	18	27	20

#### Варианты 15-21

Данные	15	16	17	18	19	20	21
Радиус кругового пласта $R_k$ (м)	330	450	380	340	400	450	470
Коэффициент проницаемости пласта (дарси)	0,64	0,043	0,077	0,03	0,07	0,4	0,3
толщина пласта $h$ , (м)	11	17	19	22	24	12	16
динамический коэффициент вязкости нефти $\mu$ (сП)	1,8	2,2	3,3	4,3	5,7	3,2	4,6
Давление на контуре питания $P_k$ , МПа	32	27	34	26	25	32	27
давление на забое скважины $P_c$ , МПа	26	21	28	22	21	27	20

Все остальные исходные данные необходимые для решения оставить прежними (смотри задачу 1).

## **Практическое занятие № 2** **Экспертиза гидродинамических моделей, создаваемых при подсчете и пересчете запасов месторождений углеводородного сырья**

### Общие положения

Экспертиза гидродинамической модели должна завершаться выводом о целесообразности использования данной трехмерной модели.

В заключении должны быть даны четкие рекомендации по устранению замечаний, повышению достоверности и точности построения гидродинамической модели разработки месторождения.

Подсчет геологических запасов необходим для его использования в качестве основы для гидродинамического моделирования.

Подсчет запасов – это комплекс научно-исследовательских работ по детальному изучению недр. Целью проведения научных исследований является создание объективной геологической модели залежи, на основе которой и определяется количество углеводородов.

Подсчет начальных геологических запасов нефти объемным методом, которое может находиться в недрах и наличие которого доказано бурением, испытанием или геолого-геофизическими исследованиями скважин определяется по формуле:

$$Q_{\text{геол.}} = S \cdot h \cdot k_n \cdot k_H \cdot \theta \cdot \rho,$$

где:  $S$  – площадь нефтеносности, тыс.м;  
 $h$  – эффективная нефтенасыщенная толщина пласта, м;  
 $k_n$  – коэффициент пористости, %;  
 $k_H$  – коэффициент нефтенасыщенности, %;  
 $\theta$  – пересчетный коэффициент, %;  
 $\rho$  – средняя плотность нефти в стандартных условиях, г/см<sup>3</sup>.

Извлекаемые запасы нефти – часть геологических запасов, которые могут быть добыты из залежи за весь срок разработки. Расчет извлекаемых запасов производится по формуле:

$$Q_{\text{извл}} = Q_{\text{геол}} \cdot \text{КИН}$$

где  $Q_{\text{геол}}$  – геологические запасы, тыс.т;

КИН – коэффициент извлечения нефти, показывает долю запасов, которую можно извлечь при современных технологиях бурения и эксплуатации.

### Задача

Определить текущее состояние запасов нефти объемным методом, с последующим определением извлекаемых запасов нефти. Параметры для расчета представлены в таблице (1).

Рассчитать остаточные запасы нефти по скважинам (таблица 2).

Дать экспертную оценку текущей выработки запасов на скважинах (варианты экспертной оценки представлены ниже).

Таблица 1

№	Скважина	$S$	$h$	$k_n$	КИН	$k_H$	$\theta$	$\rho$
1	№1	196250	5,4	0,298	0,297	0,782	0,913	0,904
2	№2	190230	9,4	0,232	0,297	0,554		0,904
3	№3	200150	10,4	0,269	0,15	0,579		0,925
4	№4	210850	3,9	0,197	0,21	0,478		0,8228
5	№5	185450	5,6	0,217	0,1	0,542		0,875

Таблица 2

№	Скважина	Добыто $Q_H$ с момента запуска скважины, т	Текущие режимные параметры			
			$Q_{ж}$ (м <sup>3</sup> /сут)	$Q_H$ (т)	%	Способ эксплуатации
1	№1	15100	75	3,4	95	УЭЦН
2	№2	35200	30	19,8	27	УЭЦН
3	№3	145000	15	7,6	45	ФОН
4	№4	327000	30	11,1	55	ФОН
5	№5	145002	127	2,2	98	УЭЦН

Варианты экспертной оценки:

1. Текущая обводненность скважины не характерна для остаточной выработки запасов;
2. Текущий дебит скважины не характерен для остаточной выработки запасов.

11.2. Методические указания по подготовке к лабораторным работам.  
Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

11.3. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы обучающиеся должны выполнить типовые расчеты, подготовиться к выполнению экспериментов (исследований) и изучить теоретический материал по разделам. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым формам контроля.

1. При подготовке к занятиям необходимо изучить теоретическую часть вопроса данной темы по конспектам лекциям, теоретическому материалу, изложенному в методических указаниях к практическим занятиям, и учебнику.

2. Внести дополнения по рассмотренным вопросам в конспекты лекций.

3. Подготовиться к лабораторной работе, переписав ход выполнения работы, и рассмотреть порядок ее выполнения. Отметить в конспекте, что непонятно в ходе ее выполнения.

4. Выполнить в тетради для лабораторных работ раздел «самостоятельная работа студентов». Для этого ознакомиться с типовыми задачами и примерами их решения. Отметить, какие вопросы и задачи вызвали затруднения в решении.

Самостоятельная работа студентов один из лучших методов самопроверки усвоения теоретического материала.

5. В случае возникновения затруднений при изучении курса следует подойти к преподавателю на консультацию.

Работа с книгой. При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил. Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения – полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться.
- Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).
- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге.
- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.
- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все под-ряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

1. Информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. Усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
3. Аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
4. Творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;
4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;
5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Самопроверка. После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств. В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Консультации. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого за-

труднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзамену. Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

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

Дисциплина **Экспертная оценка качества гидродинамических моделей**  
 Код, направление подготовки **21.03.01 Нефтегазовое дело**  
 Направленность **Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			0-60 (1-2)	61-75 (3)	76-90 (4)	91-100 (5)
<b>ПКС-4</b> Способность осуществлять оперативное сопровождение технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-4.3 Осуществляет выбор порядка выполнения работ по сопровождению технологических процессов	Знать (З1): требования и порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов	Не знает требования и порядок проведения работ по сопровождению технологических процессов по сопровождению технологических процессов	Частично знает требования и порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов	Знает основные требования и порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов, допускает неточности	Знает требования и порядок проведения работ по сопровождению технологических процессов
		Уметь (У1): пользоваться измерительными приборами и различными методами измерений	Не умеет пользоваться измерительными приборами и различными методами измерений	Путается при использовании измерительными приборами и различными методами измерений	Умеет пользоваться измерительными приборами и различными методами измерений. Допускает небольшие неточности	Уверенно умеет пользоваться измерительными приборами и различными методами измерений

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			0-60 (1-2)	61-75 (3)	76-90 (4)	91-100 (5)
		Владеть (В1): навыками измерений и обработки полученных результатов	Не владеет навыками измерений и обработки полученных результатов	Слабо владеет навыками измерений и обработки полученных результатов	Достаточно хорошо владеет навыками измерений и обработки полученных результатов	Уверенно владеет навыками измерений и обработки полученных результатов
<b>ПКС-7</b> Способность выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-7.1 Осуществляет сбор, анализ и систематизацию исходных данных для проектирования	Знать: основные стандарты и действующие инструкции в области оценки качества гидродинамических моделей	Не знает основные стандарты и действующие инструкции в области оценки качества гидродинамических моделей	Частично знает основные стандарты и действующие инструкции в области оценки качества гидродинамических моделей	Знает основные стандарты и действующие инструкции в области оценки качества гидродинамических моделей	Уверенно знает основные стандарты и действующие инструкции в области оценки качества гидродинамических моделей
		Уметь: осуществлять выбор необходимой нормативной документации	Не умеет осуществлять выбор необходимой нормативной документации	Осуществляет выбор необходимой нормативной документации. Допускает ошибки.	Осуществляет выбор необходимой нормативной документации. Допускает неточности.	Уверенно осуществляет выбор необходимой нормативной документации. Допускает ошибки.
		Владеть: навыками работы с нормативными документами	Не владеет навыками работы с нормативными документами	Слабо владеет навыками работы с нормативными документами	Владеет навыками работы с нормативными документами	Уверенно владеет навыками работы с нормативными документами

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			0-60 (1-2)	61-75 (3)	76-90 (4)	91-100 (5)
	ПКС-7.2 Анализирует и обобщает современный опыт проектирования технологических процессов	Знать: формы и содержание типовых документов в области оценки качества гидродинамических моделей	Не знает формы и содержание типовых документов в области оценки качества гидродинамических моделей	Частично знает формы и содержание типовых документов в области оценки качества гидродинамических моделей	Знает формы и содержание типовых документов в области оценки качества гидродинамических моделей	Уверенно знает формы и содержание типовых документов в области оценки качества гидродинамических моделей
		Уметь: разрабатывать типовые проектные документы	Не умеет разрабатывать типовые проектные документы	Умеет разрабатывать типовые проектные документы. Испытывает существенные затруднения	Умеет разрабатывать типовые проектные документы. Слабо ориентируется в программном обеспечении	Умеет разрабатывать типовые проектные документы с использованием специализированного программного обеспечения
		Владеть: навыками работы со специализированным программным обеспечением в области оценки качества гидродинамических моделей	Не владеет навыками работы со специализированным программным обеспечением в области оценки качества гидродинамических моделей	Имеет общие представления о специализированном программном обеспечении в области оценки качества гидродинамических моделей	Владеет слабыми навыками работы со специализированным программным обеспечением в области оценки качества гидродинамических моделей	Владеет навыками работы со специализированным программным обеспечением в области оценки качества гидродинамических моделей

## КАРТА

обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой  
 Дисциплина Экспертная оценка качества гидродинамических моделей  
 Код, направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 Направленность Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

№ 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	Основы нефтегазового дела : учебное пособие / Л.В. Воробьева ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 202 с.	Электр. ресурс	100	100	+
2	Основы нефтегазового дела : учебное пособие / Л.В. Воробьева ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 202 с.	Электр. ресурс	100	100	+
3	Основы геологического 3D-моделирования в ПК Petrel «Schlumberger» : практикум / Т.Г. Перевертайло ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 112 с.	Электр. ресурс	100	100	+

И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ Р.Д. Татлыев

« 31 \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2022 г.