

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Институт Нефти и Газа

Кафедра РЭГГКМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольных работ

по дисциплине «Подземная гидрогазодинамика»

для студентов специальности 0906
«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»
заочной формы обучения

Тюмень 2003

Утверждено редакционно-издательским советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

Составители: к.т.н., доцент Краснов И.И.
д.т.н., профессор Телков А.П.
ассистент Матвеева М.В.

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет», 2003

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методические указания по изучению курса «Подземной гидромеханики» для студентов специальности 090600 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» составлены на основе государственных образовательных стандартов, включают в себя основные положения и указания по данной дисциплине, утверждённой на кафедре «РЭГиГКМ».

В методических указаниях приведены задания по выполнению контрольных работ, состоящие из 7 задач, содержание курса, основные законы и уравнения для решения практических задач и список рекомендуемой литературы..

В методические указания входят задачи по определению фильтрационных характеристик пластов, расчёт производительности эксплуатационных скважин, определение критического дебита скважин, определение пьезометрического уровня простаивающих скважинах, расположенной в центре кругового пласта, определение давления на различных расстояниях от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, определение коэффициентов фазовых проницаемостей для жидкости и газа, при движении газированной жидкости.

Изучение подземной гидромеханики базируется на знаниях, полученных из курса математики, теоретической механики, физики, гидравлики и служит теоретической основой нефтяных, нефтегазовых и нефтегазоконденсатных месторождений.

Общеизвестно, что для успешного освоения курса студенты университета должны не только хорошо изучить теоретический материал, но и иметь представления о физической сущности изучаемых явлений, а так же научиться решать основные аналитические задачи в соответствии с учебной программой.

После решения задач на практических занятиях, уяснения всех входящих величин, приведение всех исходных данных к одной системе единиц необходимо выполнить контрольные задания.

Решённые контрольные задачи предварительно сдаются на проверку преподавателю и возвращаются с соответствующими замечаниями студентам. За успешно выполненные контрольные задания ставится оценка.

Для изучения курса «Подземная гидромеханика» учебными планами предусмотрены установочные лекции, практические занятия,

самостоятельная работа и написание контрольной работы. По итогам изучения курса студентами сдаётся зачёт.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА «ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 090600 «РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»

Введение. Подземная гидромеханика – наука о движении жидкости и газа и их смесей в пористых и трещиноватых породах, слагающих продуктивные пласты.

Важнейшие этапы развития подземной гидромеханики

Начало развития подземной гидромеханики было заложено в середине 19 столетия трудами французского инженера Г.Дарси. Им был выполнен первый гидравлически обоснованный расчёт водопровода, сооружённого в 1840 году в г. Дижоне (Франция). В дальнейшем Дарси занимался экспериментальным изучением движения воды через песчаные фильтры. Результаты опытов и установленные им основной закон фильтрации были опубликованы в 1856 году.

Впервые теоретические исследования именно в области подземной гидравлики были предприняты И.Дюпюи.

Начиная с 1886 года Ф.Форхгеймер широко использовал методы потенциала для решения многих проблем подземной гидравлики.

В 1897 г. Ч.Слихтер опубликовал капитальное исследование по геометрии пористой среды и кинематике фильтрации.

В конце 80 гг. 19 столетия значительные исследования теории движения грунтовой воды были проведены российским механиком Н.Е. Жуковским. До 1920 г. Подземная гидравлика развивалась как отрасль механики, изучающая течение подземных вод.

В 1922 г. была опубликована монография академика Н.Н. Павловского, который многие задачи подземной гидравлики впервые сформулировал как краевые задачи математической физики, указав тем самым общие методы их решения. В этой монографии впервые было предложено использовать параметры Рейнольдса в качестве критерия существования закона фильтрации Дарси. Павловский Н.Н. практически разработал метод электрогидравлической аналогии для решения задач подземной гидравлики.

В начале 20 гг. прошлого века подземная гидравлика на ряду с задачами течения подземных вод развивает новое направление –

газонефтяная подземная гидравлика. Основоположником нового направления является Л.С.Лейбензон.

Академик Лейбензон Л.С. проводя экспериментальные и теоретические исследования, вывел дифференциальные уравнения газа и газированной нефти в пористой среде, математически проанализировал методы подсчёта запасов нефти и газа в пластах, проблему вытеснения нефти и газа водой. Исследования в области газонефтяной подземной гидравлики в 1934 году были описаны и опубликованы в его монографии. Автор впервые систематизировал исследования, проведённые им и другими учёными в этой области до начала 30 гг. прошлого столетия. Следует отметить, что в решении новых проблем он опередил многих учёных.

В исследованиях Щелкачёва В.Н. в 1935 году были обобщены идеи, заложенные в трудах гроздинских нефтяников – Н.Т.Линдтропа, М.М. Чарыгина, С.Н. Шаньгина М.Г. Тоносевича и др.

В конце 30 гг. В.Н.Щелкачёв установил простейшие гидродинамические варианты расстановки скважин в условиях различных структур, к которым приурочены залежи нефти.

Академик Лейбензон Л.С. возглавил организованную Лапуком Б.Б. группу учёных и инженеров различных специальностей, которые создали научно-обоснованную методику проектирования рациональной разработки нефтяных месторождений.

В 1930 году американскими учёными Маскетом, Шилсюизой и Херстой было доказано необходимость учитывать сжимаемость воды и нефти в пластовых условиях. Наблюдения за поведением пласта, которые проводил Щелкачёв В.Н. на грозненских промыслах после массовой остановки скважин в период 1941-1944 гг. и пуска их дали ему возможность, во-первых, уточнить гидродинамический анализ методов исследования пластов, во-вторых, внести существенное дополнение в теорию Маскета. Оказалось, что поведение пластовых давлений и притока жидкости к скважинам определяются не только упругостью жидкости, но и упругими свойствами самого пласта (было предложено учитывать упруго-пластические деформации пласта).

В настоящее время разрабатываются сложные вопросы движения в залежах неоднородной многокомпонентной жидкости. Изучается движение жидкости и газа в неоднородных по составу пластах, так же развиваются исследования в области течения жидкости с аномальными свойствами, так называемые вязкопластической жидкости в пористой среде. Всё шире применяются к решению задач подземной гидромеханики методы математического моделирования.

Основные понятия и законы теории фильтрации

Основные понятия теории фильтрации. Определение фильтрации. Её особенности по сравнению с движением жидкости по трубам. Простейшие модели пористой среды: идеальный и фиктивный грунты. Пористостью и просветностью фиктивного грунта. Переход от фиктивного грунта к естественному. Эффективный диаметр частиц пористой среды и способы его определения. Скорость фильтрации и её связь со средней действительной скоростью движения.

Опыты Дарси. Закон Дарси – линейный закон фильтрации. Коэффициент фильтрации. Зависимость коэффициента фильтрации от свойств пористой среды и фильтрующейся жидкости. Проницаемость пористой среды. Коэффициент проницаемости, его размерность.

Теоретическое исследование линейного закона фильтрации

Общее выражение для коэффициента проницаемости. Число Слихтера. Влияние различных факторов на величину коэффициента проницаемости. Фильтрация в трубке тока переменного сечения. Закон Дарси в дифференциальной форме.

Пределы применения закона Дарси и формулы, выражающие нелинейный закон фильтрации.

Нарушение линейного закона фильтрации при больших и малых скоростях. Опыты Фенчера, Льюиса, Бюернса по изучению движения жидкостей в пористых средах. Опыты Линдквиста.

Теоретические и экспериментальные исследования применимости закона Дарси в работах Павловского, Щелкачёва, Миллионщикова и др. Опыты Абдулвагабова. Причины отклонения от закона Дарси.

Законы фильтрации, отличные от закона Дарси, одночленные и двучленные формулы, выражающие нелинейный закон фильтрации. Зависимость коэффициента подвижности от градиента давления. Три модели фильтрации ньютоновских жидкостей.

Особенности фильтрации жидкостей и газа в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах

Классификация трещиноватых пластов. Параметры трещиноватости. Проницаемость пласта. Границы применимости линейного закона фильтрации в трещиновато-пористых пластах.

Классификация режимов нефтегазоводоносных пластов.

Виды пластовой энергии и их проявление в процессе разработки нефтяного (газового) месторождения. Определение режима пласта. Классификация режимов.

Дифференциальные уравнения теории фильтрации

Задачи подземной гидрогазодинамики – задачи математической физики. Дифференциальные уравнения движения жидкостей и газов в пористой, трещиноватой и пористо-трещиноватой средах. Уравнение неразрывности. Уравнение состояния. Начальные и граничные условия. Потенциальная скорость фильтрации. Уравнение Лапласа; дифференциальные уравнения упругого режима; основные уравнения фильтрации газа и аналогия с безнапорной фильтрацией несжимаемой жидкости; функция и уравнение Лейбензона.

Установившееся движение несжимаемой жидкости в пористой среде.

Дифференциальное уравнение установившегося движения жидкости в пористой среде. Уравнение Дуковского. Плоское движение. Дифференциальное уравнение плоского движения (уравнение Лапласа). Стоки – источники на плоскости.

Одномерное параллельно-струйное движение жидкости в пористой среде по закону Дарси (приток жидкости к галерее). Формулы дебита, распределение давления, градиент давления, время движения частиц жидкости. Физическая интерпретация указанных формул. Вывод уравнения Лапласа для движения жидкости с осевой и центральной симметрией.

Проско-радиальное движение жидкости в скважине. Формула Дюпюи. Формулы скорости фильтрации. Распределение давления в пласте, время движения частиц жидкости к скважине; их физическая интерпретация. Форма изобар и линии тока.

Зависимость дебита скважины от расстояния до контура питания и от радиуса скважины. Индикаторная диаграмма. «Воронка депрессии»

Приток жидкости к скважине при нелинейном законе фильтрации. Формулы дебита и распределения давления. Физическая интерпретация.

Дебит скважины и форма индикаторной линии в условиях одновременного существования различных режимов фильтрации.

Представление о методе источников и стоков. Расчёт потенциала точечного источника и стока на плоскости и в пространстве.

Плоская задача интерференции скважин. Общий метод решения на основе принципа суперпозиции. Приток к группе совершенных скважин в

пласте с удалённым контуром питания. Метод отображения источников и стоков. Дебит скважины в пласте с прямолинейным контуром питания. Влияние формы области питания на дебит. Дебит скважины вблизи непроницаемой границы.

Случай равно дебитных стока и источника. Приток к скважине, эксцентрично расположенной в круговом пласте. Приток к прямолинейной и кольцевой батареям (цепочка) скважин. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений Ю.П. Борисова. Параллельно-струйное и плоско-радиальное движение жидкости в пластах с неоднородной проницаемостью. Скачкообразное изменение проницаемости по мощности или простиранию пласта.

Приток жидкости к несовершенным скважинам.

Виды несовершенства скважин (по степени и по характеру вскрытия пласта). Формулы Маскета и др. Для дебита несовершенной скважины. Электро-моделирование притока жидкости к несовершенным скважинам. Приведенный радиус скважины. Расчёт добавочных фильтрационных сопротивлений. Взаимодействие несовершенных скважин. Приток реального газа к несовершенной скважине по нелинейному закону фильтрации.

Фильтрационный поток жидкости со свободной поверхностью.

Безнапорное движение жидкости через перемычку и к скважине. Формула Дюпюи-Чарного. Формулы скорости фильтрации и распределения напоров. Форма индикаторной линии.

Установившееся движение упругой жидкости и газа в пористой среде.

Установившаяся одномерная прямолинейная и плоско-радиальная фильтрация сжимаемой жидкости.

Установившееся движение упругой жидкости и газа в пористой среде по линейному и нелинейному законам фильтрации.

Формулы для дебита и распределения давления в пласте при прямолинейном и плоско – радиальном движении идеального газа. Средневзвешенное по объёму пластовое давление газа и его связь с контурным. Индикаторная диаграмма. Влияние радиуса контура питания на дебит газовой скважины. Движение реальных газов в пористой среде. Учёт физических свойств реальных газов и отклонение их законов состояния от закона состояния идеального газа.

Установившееся движение неоднородных жидкостей в пористой среде

Экспериментальные исследования фильтрации газированной жидкости в песках, песчаниках и карбонатных коллекторах. Движение смеси, нефти, воды. Фазовая проницаемость пористой среды и её зависимость от

насыщенности жидкостью порового пространства. Опыты Викофа и Готсета.

Установившаяся фильтрация газированной жидкости в пористой среде. Функция Христиановича. Определение дебита жидкости и газа и распределение в пласте; средневзвешенное по объёму пластовое давление. Форма индикаторной линии. Фильтрация газированной жидкости с учётом реальных свойств жидкости.

Установившийся одномерный поток в трещиноватых и трещиновато-пористых пластах

Одномерный поток несжимаемой жидкости в деформируемом трещиноватом и трещиновато-пористом пластах. Поток идеального газа в деформируемом трещиноватом и трещиновато-пористом пластах.

Неустановившееся движение жидкости в пористой среде. Упругий режим.

Дифференциальные уравнения движения упругой жидкости в упруго-пористой среде. Аналогия с задачей теплопроводности. Точные решения для притока упругой жидкости к прямолинейной галерее и к точечному стоку на плоскости. Основное уравнение теории упругого режима пластов. Различие в поведении кривых распределения давления для случаев $P=\text{const}$ и $Q=\text{const}$. Квазиустановившийся характер воронки депрессий вблизи скважины. Сведения об определении параметров пластов по данным восстановления забойного давления.

Расчёт одномерного прямолинейного плоско-радиального фильтрационных потоков упругой жидкости по методу последовательной системы стационарных состояний и его возможные улучшения.

Неустановившаяся фильтрация газа

Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации идеального газа в однородном недеформируемом пласте.

Существующие точные решения. Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации реального газа по закону Дарси. Методы линеаризации и сведение задачи нестационарной фильтрации газа к задаче фильтрации упругой жидкости. Метод последовательной смены стационарных состояний.

Дифференциальное уравнение движения газа при нелинейном законе фильтрации. Понятие о решениях задач неустановившейся фильтрации газа на ЭВМ.

Неустановившееся движение газированной жидкости и неоднородной жидкости и газоконденсатных смесей. Дифференциальные уравнения

движения газированной жидкости и газоконденсатных смесей. Фильтрация водонефтяной смеси. Влияние капиллярных сил. Понятие о теории Бакли-Левретта. Понятие о скачках насыщенности при вытеснении нефти водой.

Понятие о движении трёхфазных систем вода-нефть-газ в пористой среде. Особенности фильтрации двухфазной жидкости в трещиноватой среде.

Движение границы раздела двух жидкостей в пористой среде

Поршневое вытеснение нефти водой из трубки потока переменного сечения. Скорость перемещения границы раздела. Прямолинейное плоско-радиальное движение границы раздела. Закон движения жидкой частицы. Вытеснение нефти водой с учётом переходной зоны. Условные устойчивости границы раздела двух жидкостей.

Анализ явления поднятия подошвенной воды к скважине. Условие равновесия конуса подошвенной воды и понятие о методах расчёта предельного безводного дебита, предельной депрессии и безводного периода. Динамические задачи конусообразования

Особенности фильтрации неньютоновской жидкости в пористой среде

Закон фильтрации с предельным градиентом. Качественные особенности плоских задач фильтрации с предельным градиентом. Застойные зоны. Приближённые формулы для дебита скважины.

Основные представления о термодинамике фильтрационного потока

Начальная температура пласта. Температура пласта в процессе эксплуатации скважины. Фильтрация газа как дроссельный процесс. Исследования термодинамики процессов фильтрации в связи с применением термических методов воздействия на нефтяные пласты.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.

1. Контрольная работа по курсу «Подземная гидромеханика» выполняется студентами заочной формы обучения в соответствии с вариантом, указанным преподавателем во время установочной лекции. В случае, если студент по какой-либо причине не может присутствовать на установочных лекциях, то номер варианта определяется по последней цифре зачётной книжки (если последняя цифра 0, выбирается вариант №10).

При выполнении и оформлении контрольной работы необходимо соблюдать следующие правила:

- в начале работы должны быть разборчиво написаны название дисциплины, институт, фамилия и инициалы студента, специальность, поток, шифр зачётной книжки, дата выполнения работы;
- контрольная работа выполняется в рукописном виде в тетради или машинописных листах, в соответствии с ГОСТами на одной стороне листа формата А4 с соответствующим образом оформленным титульным листом;
- перед решением задачи должны быть полностью записаны исходные данные своего варианта задания;
- решение задач, пояснения и выводы к ним должны быть чёткими; расчёты представляются в числовом изложении подробно.

Контрольные работы, выполненные с нарушением изложенных правил или выполненные студентом не по своему варианту, не зачитываются и возвращается без проверки.

Если работа не зачтена, она должна быть либо выполнена заново целиком, либо должны быть решены задачи, указанные преподавателем.

Выполненные работы предъявляются преподавателю до экзамена и являются совместно с теоретическим содержанием дисциплины объектом зачёта.

2. Для решения первой задачи необходимо изучить основы теории фильтрации, в частности такие её разделы, как определение скорости фильтрации и средней истинной скорости движения нефти у стенки гидродинамически совершенной скважины и на некотором расстоянии от неё, формулу Слихтера и закон Дарси ([3], гл.1, §§1-5; [4], гл.1, §§1-2; [5], гл.2, §§1-3; [6], гл.1, §§1-2).

Читая учебник, следует переходить к новому материалу лишь после усвоения предыдущего. Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Чтение учебника полезно сопровождать составлением конспекта, записи в котором должны быть расположены в строгом порядке. Основные формулы целесообразно обводить рамкой. На полях конспекта следует отмечать вопросы, выделенные для письменной или устной консультации с преподавателем.

Приступая к решению первой задачи нужно четко представлять, что скорость фильтрации V есть отношение объёмного расхода жидкости Q к площади поперечного сечения пласта f . Расход Q находят по формуле Дюпюи, площадь поперечного сечения – из геометрических соображений.

3. Многочисленными экспериментами установлено, что при повышенных скоростях движения закон Дарси нарушается. Критерием справедливости закона Дарси служит число Рейнольдса. Поэтому переходя к решению второй задачи необходимо изучить пределы применимости закона Дарси, в частности формулы В. Н. Щелкачева и М.Д.Миллионщикова, а также нелинейные законы фильтрации ([3], гл 1, §§6-8; [4], гл.1, §1; [5], гл.2, §4; [6], гл.2, §§1-2).

Следует отметить, что сначала надо разобрать задачи, приведенные в учебниках [3, 4, 5, 6], а затем переходить к самостоятельной работе. Полезно до начала вычисления наметить план решения задачи. Все задачи следует решать в отдельной тетради. Вычисления должны быть расположены в строгом порядке, причем рекомендуется отделять вспомогательные вычисления от основных. Чертежи выполняются в программе Excel. Полученные ответы необходимо проверить способами, вытекающими из существа задачи. Например, если решалась задача с физическим или геометрическим содержанием, то полезно, прежде всего, проверить размерность ответа.

Если значение числа Рейнольдса, вычисленное по одной из изученных формул, окажется выше верхнего критического значения, то закон Дарси заведомо нарушен. При нарушении закона Дарси зависимость между скоростью фильтрацией и градиентом давления описывается двучленной формулой, которая выражает плавный переход от линейного закона фильтрации к нелинейному. Эту формулу нужно знать, понимать и уметь её пользоваться.

4. Третья задача значительно сложнее первых двух. Для её решения необходимо изучить разделы программы, связанные с одновременной фильтрацией несжимаемой жидкости в условиях водонапорного режима ([3], гл.1, §§ 1-6; 4], гл.1, § 2; [5], гл.4, §§ 1-4; [6], гл.3, §§ 1-3).

Установившийся фильтрационный поток называется одномерным, если давление (потенциал) является функцией только одной координаты. Здесь следует различать прямолинейно-параллельное движение, плоско-радиальное движение и сферически-радиальный поток. Прямолинейно-параллельное движение имеет место в том случае, когда векторы скоростей фильтрации параллельны между собой. При плоско-радиальное движение векторы скорости фильтрации направлены по радиусам оси скважины. Фильтрационный поток называется радиально-сферическим, если векторы скорости фильтрации направлены в пространстве по прямым, радиально-сходящимся к одной точке (или расходящимся от неё).

Студенту необходимо изучить теорию и расчетные формулы для определения расхода жидкости, давления в любом сечении пласта и времени, в течении которого частицы пройдут заданный путь для всех трех движений.

Если при чтении учебника возникнут неясности, которые не удаётся разрешить самостоятельно, то следует обратиться к преподавателю для получения письменной или устной консультации. Необходимо точно указать, в чем состоит затруднение, причем в запросе должен быть указан учебник, год издания, страница на которой рассматривается непонятный вопрос. Если затруднения возникнут при решении задач, то следует указать, в чем они состоят, и привести предполагаемый план решения.

5. Решение четвертой задачи базируется на знании той же теории, которая указана для решения третьей задачи. Следует обратить внимание на размерности входящие в условие задачи величин и четко определить, в какой системе единиц будет решаться та или иная задача.

6. Для решения пятой задачи необходимо изучить теорию установившейся фильтрации сжимаемой жидкости и газа ([5], гл.7, §§1-4; [6] гл.8, §§1-4). При изучении теории особое внимание следует обратить на функцию Л.С.Лейбензона, позволяющую использовать все формулы, полученные для установившейся фильтрации несжимаемой жидкости по закону Дарси, для решения задач установившейся фильтрации сжимаемой жидкости и газа при тех же граничных условиях со следующей заменой переменных: объёмный расход Q – весовой расход G , давление p – функция Лейбензона P , объёмная скорость фильтрации V – весовая скорость γV .

7. При снижении давления ниже давления насыщения из нефти выделяются пузырьки газа. Жидкость становится газированной. Она представляет собой двухфазную систему (смесь жидкости и выделившегося из нефти свободного газа). При фильтрации газированной жидкости рассматривают движение каждой из фаз. Полагая, что фильтрация происходит по линейному закону, записывают его отдельно для каждой фазы, вводя коэффициенты фазовых проницаемостей $K_{ж}$ и $K_{г}$ ([5], гл.7, §§1-5; [6] гл.9).

Решение шестой задачи связано не только с изучением указанной литературы, но и с опытами Викова и Ботсета, установившими, что фазовые проницаемости зависят главным образом от насыщенности порового пространства жидкой фазой σ .

Следует иметь в виду, что насыщенностью σ называется отношение объёма пор, занятого жидкой фазой ко всему объёму пор в данном элементе пористой среды. В результате опытов построены графики зависимостей относительных фазовых проницаемостей $K_{жс}^* = K_{жс} / k$ и $K_{гс}^* = K_{гс} / k$ от насыщенности σ для нецементированных песков, которые следует использовать при решении шестой задачи. При усложненных условиях следует воспользоваться функцией С.А.Христиановича.

8. При решении седьмой задачи необходимо изучить теорию методика расчета фильтрационных сопротивлений для притока жидкости к

укрупненной несовершенной скважине в однородно-анизотропном пласте по линейному закону [9], [11], [12].

4. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Задача №1 Линейный закон фильтрации Дарси. Фильтрация.

Формула притока несжимаемой жидкости к несовершенной скважине в круговом пласте:

$$Q = \frac{2\pi kh}{\mu} \times \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}},$$

где k – проницаемость продуктивного пласта,

μ – вязкость флюида,

h – толщина продуктивного пласта,

R_k – радиус контура питания,

P_k, P_c – давление соответственно на контуре питания и на скважине.

Определение скорости фильтрации:

$$V = \frac{Q}{f}; \quad (2)$$

где $f = 2\pi r h$.

Аналогично решается задача для произвольного значения g .

Задача №2 Пределы применимости закона Дарси. Нелинейные законы фильтрации. Критерий Рейнольдса.

Расчет критического числа Рейнольдса по В.Н.Щелкачеву:

$$Re_{кр} = \frac{10 \cdot V}{m^{2.3}} \cdot \frac{\sqrt{k} \cdot \rho}{\mu}$$

V - скорость фильтрации,

μ - вязкость потока,

m – коэффициент пористости,

ρ - плотность

Задача №3

Одномерное движение несжимаемой жидкости; расчет пьезометрического уровня.

Расчет дебита скважины:

$$Q = \frac{2 \cdot \Pi \cdot k \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}}$$

где k – проницаемость продуктивного пласта,

μ - вязкость флюида,

h – толщина продуктивного пласта,

R_k – радиус контура питания,

P_k, P_c – давление соответственно на контуре питания и на скважине

Определение пластового давления в круговом пласте:

$$P = P_k - \frac{Q \cdot \mu}{2 \cdot \Pi \cdot k \cdot h} \cdot \ln \frac{R_k}{r}$$

Задача №4

Одномерное движение несжимаемой жидкости, распределение давления в пласте.

Определение давления на контуре питания:

$$P_k = P_c + \frac{G \cdot \mu}{2 \cdot \Pi \cdot k \cdot h \cdot \gamma} \cdot \ln \frac{R_k}{r}$$

где γ - удельный вес нефти,

k – проницаемость продуктивного пласта,

μ - коэффициент динамической вязкости нефти,

h – толщина продуктивного пласта,

R_k – радиус контура питания,

P_k, P_c – давление соответственно на контуре питания и на скважине,

G – весовой дебит скважины.

Определение пластового давления на любом расстоянии ($r=r_1$ и $r=r_2$):

$$P = P_k - \frac{G \cdot \mu}{2 \cdot \Pi \cdot k \cdot h \cdot \gamma} \cdot \ln \frac{R_k}{r}$$

Задача №5

Определение весового дебита газовой скважины.

Расчет весового дебита газовой скважины:

$$Q = \frac{\Pi \cdot k \cdot h}{\mu \cdot P_{cm}} \cdot \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}}$$

Задача 6.

Определение фазовых проницаемостей.

Указание: Эмпирические зависимости по С.А. Ахмедову, В.В. Мустафаеву, Курбанову-Куранову при вытеснении газированной жидкости водой $K^* = f_1(\sigma)$ и $K^* = f_2(\sigma)$ см. условие задачи

где σ - насыщенность вытесняющей жидкостью.

Задача 7.

Расчет добавочных фильтрационных сопротивлений по линейному и нелинейному законам фильтрации.

Определение добавочного фильтрационного сопротивления, обусловленного перфорацией S_0 , выражается формулой χ :

$$C_0 = \frac{1}{\bar{h}} \cdot \left[\ln \frac{4r_c}{l_0} + \frac{\chi^*}{m \cdot l_0} \cdot \ln \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_0 \cdot m} \right]$$

\bar{h} - относительное вскрытие пласта,

χ - анизотропия пласта.

Добавочные фильтрационные сопротивления при параметре R см. приложение.

5. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Задача №1

Вариант № 1

Рассчитать скорость фильтрации V и среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и на расстоянии $r = 70$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 6$ м; проницаемость пласта $K = 0,306$ Да; давление на контуре питания $P_k = 8,829 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 6,082 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 1200$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 20\%$; вязкость флюида $\mu = 0,5 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 2

Определить скорость фильтрации V и среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и на расстоянии $r = 50$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 8$ м; проницаемость пласта $K = 1,022$ Да; давление на контуре питания $P_k = 11,772 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 10,693 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 1100$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 14\%$; вязкость флюида $\mu = 0,9 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 3

Рассчитать среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и скорость фильтрации V на расстоянии $r = 40$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 10$ м; проницаемость пласта $K = 1,5$ Да; давление на контуре питания $P_k = 10,595 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 9,025 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 1000$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 18\%$; вязкость флюида $\mu = 4,0 \cdot 10^{-3}$ н с /м².

Вариант № 4

Определить среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и скорость фильтрации V на расстоянии $r = 20$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 12$ м; проницаемость пласта $K = 1,025$ Да; давление на контуре питания $P_k = 9,139 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 7,848 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура

питания $R_k = 900$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 15\%$; вязкость флюида $\mu = 3,0 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 5

Рассчитать скорость фильтрации V и среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и на расстоянии $r = 10$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 14$ м; проницаемость пласта $K = 0,516$ Да; давление на контуре питания $P_k = 7,848 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 7,357 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 800$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 12\%$; вязкость флюида $\mu = 2,5 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 6

Определить скорость фильтрации V и среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и на расстоянии $r = 100$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 16$ м; проницаемость пласта $K = 1,029$ Да; давление на контуре питания $P_k = 15,696 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 13,734 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 700$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 18\%$; вязкость флюида $\mu = 0,9 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 7

Рассчитать среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и скорость фильтрации V на расстоянии $r = 75$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 18$ м; проницаемость пласта $K = 0,459$ Да; давление на контуре питания $P_k = 12,262 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 9,810 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 600$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 25\%$; вязкость флюида $\mu = 0,8 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 8

Рассчитать скорость фильтрации V и среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и на расстоянии $r = 110$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 20$ м; проницаемость пласта $K = 0,408$ Да; давление на контуре питания $P_k = 10,791 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 7,848 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 400$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 20\%$; вязкость флюида $\mu = 0,7 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 9

Определить среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и скорость фильтрации V на расстоянии $r = 45$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 22$ м; проницаемость пласта $K = 1,428$ Да; давление на контуре питания $P_k =$

$7,848 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 7,063 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 200$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 22\%$; вязкость флюида $\mu = 1,2 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Вариант № 10

Определить скорость фильтрации V и среднюю скорость движения нефти U у стенки гидравлически совершенной скважины $R = r_c$ и на расстоянии $r = 35$ м, если известно, что толщина продуктивного пласта $h = 24$ м; проницаемость пласта $K = 0,306$ Да; давление на контуре питания $P_k = 8,929 \cdot 10^6$ МПа; давление на скважине $P_c = 7,456 \cdot 10^6$ МПа; радиус контура питания $R_k = 100$ м; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; коэффициент пористости $m = 20\%$; вязкость флюида $\mu = 0,5 \cdot 10^{-3}$ н с/м².

Задача №2

Вариант №1

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K = 0,5$ Да; вязкость потока $\mu = 2,8$ сП; толщина продуктивного пласта $h = 10$ м; плотность $\rho = 850$ кг/м³; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; число отверстий $n = 8$ отв/м; диаметр $d_o = 8$ мм; коэффициент пористости $m = 16\%$; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр} = 1$.

Вариант №2

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K = 1,0$ Да; вязкость потока $\mu = 1,9$ сП; толщина продуктивного пласта $h = 12$ м; плотность $\rho = 800$ кг/м³; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; число отверстий $n = 6$ отв/м; диаметр $d_o = 8$ мм; коэффициент пористости $m = 17\%$; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр} = 1$.

Вариант №3

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K = 1,1$ Да; вязкость потока $\mu = 4$ сП; толщина продуктивного пласта $h = 13$ м; плотность $\rho = 900$ кг/м³; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; число отверстий $n = 10$ отв/м; диаметр $d_o = 10$ мм; коэффициент пористости $m = 18\%$; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр} = 1$.

Вариант №4

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K= 0,2$ Да; вязкость потока $\mu= 3,5$ сП; толщина продуктивного пласта $h= 11$ м; плотность $\rho=860$ кг/м³; радиус скважины $r_c= 0,1$ м; число отверстий $n= 12$ отв/м; диаметр $d_o= 12$ мм; коэффициент пористости $m= 19$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр}=1$.

Вариант №5

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K= 0,3$ Да; вязкость потока $\mu= 2,5$ сП; толщина продуктивного пласта $h=9$ м; плотность $\rho=880$ кг/м³; радиус скважины $r_c= 0,1$ м; число отверстий $n= 14$ отв/м; диаметр $d_o= 10$ мм; коэффициент пористости $m= 20$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр}=1$.

Вариант №6

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K= 0,8$ Да; вязкость потока $\mu= 3,5$ сП; толщина продуктивного пласта $h= 14$ м; плотность $\rho=790$ кг/м³; радиус скважины $r_c= 0,1$ м; число отверстий $n= 8$ отв/м; диаметр $d_o=8$ мм; коэффициент пористости $m= 15$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр}=1$.

Вариант №7

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K= 0,4$ Да; вязкость потока $\mu= 2,2$ сП; толщина продуктивного пласта $h= 15$ м; плотность $\rho=870$ кг/м³; радиус скважины $r_c= 0,1$ м; число отверстий $n=6$ отв/м; диаметр $d_o= 14$ мм; коэффициент пористости $m= 14$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр}=1$.

Вариант №8

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K= 0,6$ Да;

вязкость потока $\mu = 3,1$ сП; толщина продуктивного пласта $h = 8$ м; плотность $\rho = 950$ кг/м³; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; число отверстий $n = 10$ отв/м; диаметр $d_o = 12$ мм; коэффициент пористости $m = 17$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр} = 1$.

Вариант №9

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K = 0,3$ Да; вязкость потока $\mu = 1,5$ сП; толщина продуктивного пласта $h = 17$ м; плотность $\rho = 1150$ кг/м³; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; число отверстий $n = 8$ отв/м; диаметр $d_o = 8$ мм; коэффициент пористости $m = 18$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр} = 1$.

Вариант №10

Рассчитать площадь фильтрации нефтяного потока и критическую скорость фильтрации на забое скважины $V_{кр}$, а так же критический дебит $Q_{кр}$, если известно, что проницаемость продуктивного пласта $K = 0,5$ Да; вязкость потока $\mu = 3,3$ сП; толщина продуктивного пласта $h = 16$ м; плотность $\rho = 920$ кг/м³; радиус скважины $r_c = 0,1$ м; число отверстий $n = 12$ отв/м; диаметр $d_o = 10$ мм; коэффициент пористости $m = 19$ %; принимаем число Рейнольдса $Re_{кр} = 1$.

Задача №3

Вариант №1

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 118$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 90$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,428$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 14$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 2,5$ сПз, радиус контура питания $R_k = 1800$ м, давление на контуре питания $R_k = 16,867$ МПа и плотность $\rho = 920$ кг/м³.

Вариант №2

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 217$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 40$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,326$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 16$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 1,5$ сПз, радиус контура питания $R_k =$

1700 м, давление на контуре питания $R_k = 12,753$ МПа и плотность $\rho = 945$ кг/м³.

Вариант №3

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 450$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 74$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,612$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 18$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 4,5$ сПз, радиус контура питания $R_k = 4500$ м, давление на контуре питания $R_k = 5,886$ МПа и плотность $\rho = 950$ кг/м³.

Вариант №4

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 35$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 62$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,122$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 22$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 0,8$ сПз, радиус контура питания $R_k = 3500$ м, давление на контуре питания $R_k = 10,791$ МПа и плотность $\rho = 870$ кг/м³.

Вариант №5

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 250$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 33$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,510$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 16$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 7,0$ сПз, радиус контура питания $R_k = 2500$ м, давление на контуре питания $R_k = 14,905$ МПа и плотность $\rho = 790$ кг/м³.

Вариант №6

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 150$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 70$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,836$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 28$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 1,2$ сПз, радиус контура питания $R_k = 1500$ м, давление на контуре питания $R_k = 17,848$ МПа и плотность $\rho = 835$ кг/м³.

Вариант №7

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 400$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 54$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,632$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 15$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 1,0$ сПз, радиус контура питания $R_k = 4000$ м, давление на контуре питания $R_k = 13,433$ МПа и плотность $\rho = 865$ кг/м³.

Вариант №8

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 130$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 56$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,714$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 24$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 3,0$ сПз, радиус контура питания $R_k = 3000$ м, давление на контуре питания $R_k = 19,868$ МПа и плотность $\rho = 905$ кг/м³.

Вариант №9

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r = 50$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 29$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 0,612$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 25$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 4,0$ сПз, радиус контура питания $R_k = 500$ м, давление на контуре питания $R_k = 11,905$ МПа и плотность $\rho = 895$ кг/м³.

Вариант №10

Добывающая скважина расположена в центре кругового пласта. Определить пьезометрический уровень в простаивающей скважине, которая находится от действующей скважины на расстоянии $r =$ м, если известно, что дебит добывающей скважины $Q = 30$ м³/сут, проницаемость пласта $K = 1,020$ Да, толщина продуктивного пласта $h = 10$ м, коэффициент вязкости нефти $\mu = 4,0$ сПз, радиус контура питания $R_k = 100$ м, давление на контуре питания $R_k = 18,886$ МПа и плотность $\rho = 850$ кг/м³.

Задача №4

Вариант №1

Определить давление на расстояниях $r_1 = 10$ м и $r_2 = 100$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,5$ Да, толщину пласта $h = 10$ м, давление на забое скважины $P_c = 80$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 4 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 870$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 200$ м³/сут.

Вариант №2

Определить давление на расстояниях $r_1 = 9$ м и $r_2 = 110$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,6$ Да, толщину пласта $h = 15$ м, давление на забое скважины $P_c = 85$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 6 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 850$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 210$ м³/сут.

Вариант №3

Определить давление на расстояниях $r_1 = 8$ м и $r_2 = 115$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,7$ Да, толщину пласта $h = 22$ м, давление на забое скважины $P_c = 50$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 7 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 920$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 190$ м³/сут.

Вариант №4

Определить давление на расстояниях $r_1 = 7$ м и $r_2 = 120$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,8$ Да, толщину пласта $h = 14$ м, давление на забое скважины $P_c = 70$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 5 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 970$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 180$ м³/сут.

Вариант №5

Определить давление на расстояниях $r_1 = 6$ м и $r_2 = 125$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,9$ Да, толщину пласта $h = 12$ м, давление на забое скважины $P_c = 60$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 4 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 790$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 220$ м³/сут.

Вариант №6

Определить давление на расстояниях $r_1 = 5$ м и $r_2 = 112$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 1,0$ Да,

толщину пласта $h = 17$ м, давление на забое скважины $P_c = 65$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 6 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 820$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 150$ м/сут.

Вариант №7

Определить давление на расстояниях $r_1 = 6$ м и $r_2 = 130$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 1,1$ Да, толщину пласта $h = 18$ м, давление на забое скважины $P_c = 90$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 7 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 90$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 160$ м/сут.

Вариант №8

Определить давление на расстояниях $r_1 = 7$ м и $r_2 = 90$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,9$ Да, толщину пласта $h = 13$ м, давление на забое скважины $P_c = 75$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 5 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 860$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 170$ м/сут.

Вариант №9

Определить давление на расстояниях $r_1 = 8$ м и $r_2 = 95$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,8$ Да, толщину пласта $h = 8$ м, давление на забое скважины $P_c = 50$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 3 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 910$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 200$ м/сут.

Вариант №10

Определить давление на расстояниях $r_1 = 9$ м и $r_2 = 140$ м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по закону Дарси, зная проницаемость пласта $K = 0,75$ Да, толщину пласта $h = 17$ м, давление на забое скважины $P_c = 55$ кгс/см², $r_c = 0,1$ м, динамический коэффициент вязкости нефти $\mu = 5 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес нефти $\gamma = 870$ кг/м³, весовой дебит скважины $G = 190$ м/сут.

Задача №5

Вариант №1

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h = 10$ м, проницаемость $K = 0,30$ Да, динамический коэффициент вязкости газа $\mu = 0,014 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес газа $\gamma = 0,688$ кг/м³, радиус скважины

$r_c=0,1\text{ м}$, расстояния до контура питания $R_k = 750\text{ м}$, давление на забое скважины $P_c = 15\text{ кгс/см}^3$, давление на контуре питания $P_k = 27\text{ кгс/см}^3$.

Вариант №2

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h = 12\text{ м}$, проницаемость $K = 0,35\text{ Да}$, динамический коэффициент вязкости газа $\mu = 0,013 \cdot 10^{-3}\text{ нс/м}^2$, удельный вес газа $\gamma = 0,700\text{ кг/м}^3$, радиус скважины $r_c = 0,1\text{ м}$, расстояния до контура питания $R_k = 500\text{ м}$, давление на забое скважины $P_c = 18\text{ кгс/см}^3$, давление на контуре питания $P_k = 30\text{ кгс/см}^3$.

Вариант №3

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h = 15\text{ м}$, проницаемость $K = 0,58\text{ Да}$, динамический коэффициент вязкости газа $\mu = 0,012 \cdot 10^{-3}\text{ нс/м}^2$, удельный вес газа $\gamma = 0,600\text{ кг/м}^3$, радиус скважины $r_c = 0,1\text{ м}$, расстояния до контура питания $R_k = 550\text{ м}$, давление на забое скважины $P_c = 17\text{ кгс/см}^3$, давление на контуре питания $P_k = 25\text{ кгс/см}^3$.

Вариант №4

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h = 20\text{ м}$, проницаемость $K = 0,65\text{ Да}$, динамический коэффициент вязкости газа $\mu = 0,015 \cdot 10^{-3}\text{ нс/м}^2$, удельный вес газа $\gamma = 0,610\text{ кг/м}^3$, радиус скважины $r_c = 0,1\text{ м}$, расстояния до контура питания $R_k = 600\text{ м}$, давление на забое скважины $P_c = 120\text{ кгс/см}^3$, давление на контуре питания $P_k = 130\text{ кгс/см}^3$.

Вариант №5

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h = 14\text{ м}$, проницаемость $K = 0,45\text{ Да}$, динамический коэффициент вязкости газа $\mu = 0,012 \cdot 10^{-3}\text{ нс/м}^2$, удельный вес газа $\gamma = 0,620\text{ кг/м}^3$, радиус скважины $r_c = 0,1\text{ м}$, расстояния до контура питания $R_k = 700\text{ м}$, давление на забое скважины $P_c = 125\text{ кгс/см}^3$, давление на контуре питания $P_k = 132\text{ кгс/см}^3$.

Вариант №6

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h = 17\text{ м}$,

проницаемость $K=0,55$ Да, динамический коэффициент вязкости газа $\mu=0,013 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес газа $\gamma=0,630$ кг/м³, радиус скважины $r_c=0,1$ м, расстояния до контура питания $R_k=800$ м, давление на забое скважины $P_c=27$ кгс/см³, давление на контуре питания $P_k=35$ кгс/см³.

Вариант №7

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h=25$ м, проницаемость $K=0,25$ Да, динамический коэффициент вязкости газа $\mu=0,014 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес газа $\gamma=0,650$ кг/м³, радиус скважины $r_c=0,1$ м, расстояния до контура питания $R_k=900$ м, давление на забое скважины $P_c=30$ кгс/см³, давление на контуре питания $P_k=40$ кгс/см³.

Вариант №8

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h=30$ м, проницаемость $K=0,33$ Да, динамический коэффициент вязкости газа $\mu=0,016 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес газа $\gamma=0,670$ кг/м³, радиус скважины $r_c=0,1$ м, расстояния до контура питания $R_k=1000$ м, давление на забое скважины $P_c=120$ кгс/см³, давление на контуре питания $P_k=125$ кгс/см³.

Вариант №9

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h=18$ м, проницаемость $K=0,66$ Да, динамический коэффициент вязкости газа $\mu=0,012 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес газа $\gamma=0,680$ кг/м³, радиус скважины $r_c=0,1$ м, расстояния до контура питания $R_k=500$ м, давление на забое скважины $P_c=35$ кгс/см³, давление на контуре питания $P_k=45$ кгс/см³.

Вариант №10

Определить весовой, объемный, приведенный к атмосферному давлению и дебит совершенной газовой скважины G , считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если мощность $h=35$ м, проницаемость $K=0,44$ Да, динамический коэффициент вязкости газа $\mu=0,016 \cdot 10^{-3}$ нс/м², удельный вес газа $\gamma=0,690$ кг/м³, радиус скважины $r_c=0,1$ м, расстояния до контура питания $R_k=750$ м, давление на забое скважины $P_c=45$ кгс/см³, давление на контуре питания $P_k=55$ кгс/см³.

Задача №6

Вариант №1

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 30 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 0,85$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №2

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 20 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 1,08$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №3

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 40 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 0,65$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №4

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 50 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 1,25$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №5

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 60 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 0,75$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №6

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 70 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 1,55$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №7

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_n и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 55 \%$, и коэффициент абсолютной

проницаемости пористой среды $K = 0,90$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №8

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_h и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 45 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 0,65$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №9

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_h и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 75 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 0,70$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Вариант №10

Найти коэффициенты фазовых проницаемостей для жидкости K_h и K_r при движении газированной жидкости, зная насыщенность жидкостью порового пространства $\sigma = 35 \%$, и коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды $K = 1,15$ Да. Пористая среда представлена нецементированным песком.

Задача №7

Вариант №1

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 20$ м, вскрытие пласта $b = 15$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 10$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 12$ см, диаметр отверстия $d = 1,10$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №2

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 22$ м, вскрытие пласта $b = 10$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 12$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 6,25$ см, диаметр отверстия $d = 1,26$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №3

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 25$ м, вскрытие пласта $b = 14$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 14$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 6,25$ см, диаметр отверстия $d = 1,26$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №4

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 10$ м, вскрытие пласта $b = 5$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 16$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 12$ см, диаметр отверстия $d = 1,30$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №5

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 12$ м, вскрытие пласта $b = 7$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 17$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 6,25$ см, диаметр отверстия $d = 1,10$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №6

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 14$ м, вскрытие пласта $b = 12$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 20$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 12$ см, диаметр отверстия $d = 1,30$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №7

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 16$ м, вскрытие пласта $b = 10$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 8$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 12$ см, диаметр отверстия $d = 1,26$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №8

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 18$ м, вскрытие пласта $b = 12$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 18$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 6,25$ см, диаметр отверстия $d = 1,10$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №9

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 17$ м, вскрытие пласта $b = 13$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 15$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 12$ см, диаметр отверстия $d = 1,30$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Вариант №10

Используя графики и таблицы, определить величину дополнительного фильтрационного сопротивления, обусловленного несовершенством скважины, и приведенный радиус $r_{пр}$, считая что нефть притекает к скважине диаметром $D_c = 24,7$ см, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия. Толщина пласта $h = 23$ м, вскрытие пласта $b = 17$ м, число прострелов на один погонный метр вскрытой толщины пласта $n = 7$ отв/м, глубина проникновения пуль в породу $l' = 12$ см, диаметр отверстия $d = 1,26$ см, анизотропия $\chi^* = 5$, $R_k = 200$ м.

Приложение

Результаты расчёта добавочных фильтрационных сопротивлений при параметре R: $C_1 = f(\rho_0, \bar{h}, \bar{R})$ – 1-я строка; $C_2 = f(\rho_0, \bar{h}, \bar{R})$ – 2-я строка

\bar{h} ρ_0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\bar{R} = 10$									
0,100	17,171 71,640	8,314 19,276	4,976 8,337	3,231 4,344	2,160 2,456	1,436 1,416	0,914 0,784	0,520 0,371	0,212 0,086
0,110	16,795 69,847	8,219 19,033	4,932 8,264	3,206 4,313	2,144 2,440	1,425 1,407	0,905 0,778	0,514 0,367	0,204 0,083
0,125	16,267 67,379	8,079 18,694	4,870 8,162	3,171 4,270	2,121 2,418	1,409 1,394	0,894 0,770	0,505 0,361	0,200 0,079
0,143	15,626 64,622	7,904 18,269	4,972 8,033	3,127 4,215	2,093 2,389	1,390 1,378	0,880 0,759	0,494 0,354	0,193 0,075
0,167	14,823 60,718	7,676 17,720	4,689 7,866	3,096 4,144	2,057 2,352	1,364 1,356	0,861 0,746	0,471 0,345	0,183 0,069
0,200	13,767 55,963	7,361 16,465	4,546 7,733	2,989 4,044	2,005 2,301	1,328 1,326	0,836 0,727	0,460 0,332	0,170 0,061
0,250	12,347 49,715	6,904 15,888	4,334 7,289	2,867 3,895	1,928 2,224	1,275 1,281	0,796 0,698	0,432 0,313	0,152 0,050
0,330	10,350 41,136	6,208 14,269	3,998 6,749	2,657 3,658	1,804 1,210	1,189 1,281	0,734 0,698	0,384 0,313	0,128 0,050
0,500	7,077 27,649	4,940 11,391	3,339 5,706	2,283 3,178	1,549 1,845	1,015 1,059	0,613 0,561	0,309 0,229	0,087 0,004
0,710	4,085 15,952	3,685 8,613	2,643 4,619	1,850 2,651	1,264 1,557	0,882 0,892	0,486 0,461	0,230 0,170	0,050 0,000
1,000	3,138	2,283 5,775	1,893 3,347	1,372 2,062	0,946 1,229	0,610 0,698	0,345 0,435	0,147 0,101	0,014 0,000
$\bar{R} = 20$									
0,100	23,410 81,370	11,089 21,158	6,593 9,084	4,270 4,738	2,853 2,698	1,848 1,580	1,210 0,901	0,693 0,459	0,289 0,155
0,110	23,034 80,126	10,991 20,989	6,549 9,031	4,246 4,716	2,867 2,687	1,887 1,573	1,203 0,897	0,687 0,456	0,284 0,153
0,125	22,506 78,274	10,851 20,739	6,487 8,957	4,211 4,685	2,814 2,670	1,871 1,564	1,192 0,891	0,680 0,452	0,276 0,150
0,143	21,847 76,015	10,677 20,430	6,409 8,863	4,167 4,646	2,786 2,650	1,852 1,552	1,177 0,884	0,667 0,447	0,270 0,147
0,167	21,062 73,226	10,448 20,095	6,307 8,744	4,109 4,594	2,750 2,624	1,826 1,537	1,158 0,874	0,653 0,441	0,260 0,143
0,200	20,006 69,570	10,133 19,468	6,164 8,574	4,029 4,522	2,698 2,587	1,790 1,515	1,132 0,860	1,633 0,432	0,247 0,137

0,250	18,586	9,677	5,952	3,908	2,621	1,737	1,093	0,604	0,226
	64,675	18,667	8,329	4,414	2,531	1,483	0,840	0,418	0,129
0,330	16,589	8,981	5,615	3,715	2,497	1,651	0,561	0,205	0,128
	57,809	17,439	7,923	4,241	2,441	1,430	0,397	0,118	0,050
0,500	13,316	7,713	4,596	3,332	2,242	1,447	0,910	0,482	0,164
	46,590	15,203	7,137	3,885	2,954	1,322	0,741	0,358	0,048
0,710	10,324	6,458	4,260	2,890	1,957	1,284	0,783	0,404	0,124
	36,393	12,991	6,301	3,489	2,041	1,200	0,669	0,317	0,078
1,000	7,377	5,156	3,510	2,412	1,639	1,072	0,645	0,322	0,091
	26,381	10,561	5,385	3,041	1,797	1,059	0,587	0,271	0,055
$\bar{R} = 50$									
0,100	31,656	14,755	8,731	5,645	3,769	2,504	1,604	0,922	0,391
	88,475	22,437	9,576	4,992	2,852	1,683	0,975	0,515	0,198
0,110	31,280	14,657	8,687	5,620	3,753	2,499	1,596	0,916	0,386
	87,646	22,321	9,540	4,980	2,845	1,679	0,973	0,513	0,197
0,125	30,752	14,517	8,625	5,585	3,731	2,482	1,584	0,907	0,379
	86,332	22,153	9,492	4,958	2,835	1,672	0,969	0,510	0,195
0,143	30,111	14,342	8,547	5,541	3,703	2,463	1,565	0,896	0,372
	84,759	21,947	9,429	4,931	2,821	1,665	0,507	0,507	0,193
0,167	29,308	14,114	8,445	5,483	3,666	2,437	1,551	0,882	0,362
	82,637	21,673	9,351	4,897	2,804	1,654	0,957	0,502	0,190
0,200	28,252	13,799	8,302	5,403	3,614	2,401	1,525	0,862	0,349
	80,273	21,293	9,323	4,848	2,779	1,640	0,948	0,496	0,186
0,250	26,832	13,342	8,090	5,284	3,537	2,348	1,486	0,834	0,331
	76,810	20,744	9,062	4,776	2,241	1,618	0,934	0,487	0,118
0,330	24,835	12,646	7,753	5,089	3,413	2,262	1,424	0,790	0,307
	71,827	19,884	8,778	4,658	2,680	1,583	0,912	0,474	0,174
0,500	21,562	11,378	7,094	4,679	3,158	2,087	1,303	0,711	0,266
	63,498	18,305	8,244	4,414	2,553	1,510	0,868	0,447	0,161
0,710	18,570	10,123	6,398	4,264	2,873	1,895	1,175	0,633	0,229
	55,717	16,702	7,654	4,140	2,407	1,427	0,819	0,420	0,148
1,000	15,623	8,821	5,648	3,786	2,556	1,683	1,037	0,551	0,198
	47,837	14,992	7,008	3,825	2,239	1,331	0,765	0,390	0,134
$\bar{R} = 100$									
0,100	38,895	17,527	10,348	6,685	4,462	2,971	1,901	1,095	0,468
	91,514	22,948	9,764	5,088	2,909	1,721	1,002	0,534	0,213
0,110	37,519	17,429	10,305	6,660	4,447	2,960	1,893	1,089	0,463
	90,822	22,858	9,736	5,076	2,903	1,718	1,000	0,533	0,212
0,125	36,991	17,289	10,242	6,625	4,424	2,944	1,881	1,081	0,455
	89,827	22,733	9,700	5,062	2,869	1,712	0,997	0,997	0,211
0,143	36,350	17,115	10,164	6,581	4,396	2,925	1,867	1,070	0,449
	88,657	22,571	9,651	5,044	2,885	1,707	0,993	0,528	0,209

0,167	35,545	16,886	10,062	6,523	4,359	2,899	1,844	1,055	0,339
	87,124	22,361	9,591	5,016	2,871	1,699	0,988	0,525	0,207
0,200	34,491	16,571	9,919	6,443	4,308	2,863	1,822	1,036	0,426
	85,161	22,073	9,502	4,978	2,852	1,688	0,981	0,521	0,204
0,250	33,871	16,115	9,707	6,323	4,231	2,810	1,783	1,007	0,408
	82,423	21,646	9,371	4,923	2,824	1,672	0,971	0,514	0,201
0,330	31,074	15,419	9,370	6,129	4,106	2,724	1,721	0,964	0,384
	78,554	20,992	9,162	4,832	2,778	1,645	0,954	0,503	0,195
0,500	27,801	14,151	8,712	5,737	3,851	2,550	1,600	0,884	0,343
	71,947	19,754	8,742	4,646	2,681	1,589	0,921	0,483	0,185
0,710	24,809	12,896	8,016	5,304	3,567	2,357	1,472	0,806	0,304
	65,681	18,494	8,283	4,344	2,569	1,525	0,884	0,463	0,176
1,000	21,862	11,594	7,265	4,826	3,249	2,145	1,235	0,705	0,261
	59,262	17,138	7,771	4,190	2,439	1,452	0,842	0,440	0,166
$\bar{R} = 300$									
0,100	47,782	21,922	12,912	8,832	5,561	3,703	2,372	1,370	0,590
	94,250	23,383	9,910	5,166	2,954	1,748	1,022	0,549	0,224
0,110	47,406	21,824	12,868	8,308	5,545	3,692	2,364	1,364	0,585
	93,797	23,314	9,894	5,154	2,950	1,746	1,020	0,548	0,204
0,125	46,878	21,684	12,806	8,273	5,523	3,677	2,352	1,355	0,579
	93,107	23,231	9,875	5,145	2,942	1,744	1,018	0,547	0,225
0,143	46,237	21,509	12,728	8,229	5,495	3,657	2,335	1,344	0,570
	92,304	23,123	9,839	5,131	2,937	1,739	1,015	0,545	0,222
0,167	45,434	21,281	12,625	8,171	5,458	3,632	2,319	1,330	0,561
	91,261	22,972	9,797	5,113	2,929	1,734	1,012	0,543	0,220
0,200	44,378	20,966	12,482	8,091	5,406	3,196	2,293	1,310	0,550
	89,883	22,781	9,742	5,088	2,916	1,707	1,007	0,540	0,218
0,250	42,958	20,509	12,270	7,970	5,329	3,542	2,254	1,282	0,530
	87,971	22,487	9,646	6,050	2,896	1,715	1,001	0,535	0,216
0,330	40,961	19,813	11,934	4,444	5,205	3,456	2,191	1,234	0,506
	85,239	22,035	9,511	4,988	2,864	1,698	0,989	0,528	0,212
0,500	37,688	18,545	11,275	7,384	4,950	3,282	2,071	1,150	0,465
	80,605	21,185	9,215	4,862	2,798	1,659	0,967	0,515	0,206
0,710	34,696	17,290	10,579	6,952	4,665	3,090	1,943	1,081	0,428
	76,125	20,295	8,902	4,715	2,722	1,616	0,942	0,500	0,199
1,000	31,749	15,988	9,829	6,474	4,438	2,877	1,805	0,990	0,392
	71,540	19,341	8,544	4,548	2,631	1,659	0,913	0,486	0,193
$\bar{R} = 500$									
0,100	52,379	23,965	14,104	9,099	6,072	4,044	1,500	0,627	0,468
	95,077	23,496	9,952	5,184	2,964	1,755	0,552	0,227	0,213

0,110	52,003	23,867	14,060	9,074	6,056	4,033	2,582	1,492	0,642
	94,825	23,441	9,943	5,178	2,960	1,755	1,026	0,551	0,227
0,125	51,475	23,727	13,998	9,033	6,033	4,017	2,571	1,473	0,636
	94,079	23,365	9,916	5,168	2,956	1,752	1,024	0,551	0,226
0,143	50,834	23,552	13,920	8,895	6,005	3,998	2,557	1,475	0,628
	93,324	23,269	9,892	5,156	2,949	1,742	1,021	0,459	0,225
0,167	50,031	23,324	13,810	8,937	5,969	3,972	2,540	1,458	0,618
	92,497	23,162	9,852	5,141	2,944	1,972	1,019	0,547	0,223
0,200	48,975	23,009	13,674	8,857	5,917	3,936	2,511	1,439	0,605
	92,324	22,996	9,810	5,121	2,931	1,737	1,014	0,544	0,222
0,250	47,556	22,552	13,462	8,737	5,840	3,883	2,473	1,405	0,587
	89,686	22,734	9,734	5,090	2,915	1,727	1,009	0,541	0,220
0,330	45,558	21,856	13,126	8,343	5,716	3,797	2,411	1,361	0,562
	87,356	22,349	9,604	5,035	2,889	1,711	0,999	0,535	0,216
0,500	42,286	20,588	12,467	8,151	5,461	3,623	2,281	1,287	0,522
	83,339	21,616	9,361	4,927	2,832	1,680	0,779	0,523	0,211
0,710	39,293	19,333	11,571	7,718	5,176	3,450	2,162	1,288	0,485
	79,489	20,869	9,088	4,802	2,766	1,462	0,959	0,511	0,206
1,000	36,346	18,031	11,021	7,240	4,858	3,219	2,024	1,125	0,449
	75,521	20,039	9,783	4,657	2,690	1,611	0,934	0,498	0,200
$\bar{R} = 1000$									
0,100	58,618	26,737	15,721	10,138	6,765	4,506	2,888	1,671	0,724
	95,922	23,606	9,991	5,200	2,974	1,763	1,030	0,555	0,229
0,110	58,242	26,639	15,677	10,114	6,749	4,495	2,879	1,665	0,719
	95,555	23,574	9,981	5,193	2,973	1,759	1,030	0,555	0,221
0,125	57,714	26,499	15,615	10,079	6,727	4,472	2,869	1,657	0,713
0,143	57,073	26,325	15,537	10,035	6,699	4,460	2,854	1,645	0,705
	94,483	23,443	9,948	5,180	2,965	1,757	1,027	0,552	0,227
0,167	56,270	26,097	15,434	9,977	6,652	4,434	2,835	1,631	0,695
	93,745	23,331	9,907	5,164	2,955	1,752	1,024	0,551	0,226
0,200	55,214	25,781	15,292	9,897	6,610	4,399	2,809	1,611	0,682
	92,801	23,189	9,867	5,147	2,946	1,748	1,020	0,548	0,225
0,250	53,794	25,325	15,080	9,776	6,533	4,345	2,770	1,582	0,664
	91,457	22,979	9,813	5,122	2,935	1,738	1,016	0,546	0,223
0,330	51,797	24,629	14,743	9,583	6,409	4,259	2,708	1,539	0,640
	89,535	22,667	9,709	5,072	2,914	1,727	1,009	0,541	0,221
0,500	48,524	23,361	14,084	9,190	6,154	4,085	2,587	1,460	0,599
	86,239	22,076	9,517	4,988	2,865	1,700	0,992	0,531	0,216
0,710	45,532	29,106	13,388	8,758	5,869	3,893	2,459	1,382	0,562
	83,068	21,453	9,281	4,891	2,813	1,525	0,975	0,522	0,212
1,000	42,585	20,804	12,638	8,280	5,552	3,680	2,321	1,300	0,526
	79,773	20,786	9,032	4,771	2,750	1,635	0,956	0,512	0,208

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чарный И.А. Подземная гидродинамика.- М., ГТТИ, 1956.
2. Щелкачев В. Н. , Лапук Б.Б. Подземная гидравлика. ГТТИ, 1949.
3. Пыхачёв Г.Б., Исаев Р.Г. Подземная гидравлика. – М. – Недра, 1973.
4. Чарный И.А. Подземная гидродинамика.- М., ГТТИ, 1963.
5. Телков А.П. Подземная гидрогазодинамика. –Уфа, 1974.
6. Евдокимова В.А., Кочина И.Н. Сборник задач по подземной гидравлике. – М., Недра, 1979.
7. Эфрос Д.А. Исследования фильтрации неоднородных систем. – М., ГТТИ, 1983.
8. Бузинов С.Н., Умрихин И.Д. Исследование нефтяных и газовых скважин и пластов. – М., Недра, 1984.
9. Телков А.П., Грачёв С.И. Т.Л. Краснова. Особенности разработки нефтяных месторождений. Тюмень, НИПИКБС, ч.1. 1999.
10. Телков А.П., Грачёв С.И. Т.Л. Краснова. Особенности разработки нефтяных месторождений. Тюмень, НИПИКБС, ч.2. 2000.
11. Телков А.П. Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине «Подземная гидромеханика». -Тюмень. 1984; 2000.
12. Телков А.П., Грачёв С.И., Гаврилов Е.И., Краснова Т.Л. Пространственная фильтрация и прикладные задачи разработки нефтегазоконденсатных месторождений и нефтедобычи. Тюмень, НИПИКБС, 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения.....	3
2. Содержание курса «подземная гидромеханика»	4
3. Теоретические указания по выполнению контрольной работы.....	10
4. Основные законы и уравнения для решения контрольных задач.....	13
5. Задания на контрольную работу.....	17
6. Приложение	30
Рекомендуемая литература	35

Подписано к печати

Бум. писч. №1

Заказ №

Уч.-изд. л. 1

Формат 60x84¹/16
л. 1

Усл.печ.

Отпечатано на RISO GR 3750
экз.

Тираж 100

Издательство «Нефтегазовый университет»

Государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования

«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

625000, Тюмень, ул. Володарского, 38

Отдел оперативной полиграфии издательства

«Нефтегазовый университет»

625000, Тюмень, ул. Володарского, 38