

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных
месторождений и транспорт нефти»

Т. А. Махнач

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕГАЗООТДАЧИ ПЛАСТОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к контрольным работам
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-51 02 02
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2009

УДК 622.276.66(075.8)
ББК 33.361я73
М36

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 20.02.2007 г.)*

Рецензенты: зам. директора по разработке и добыче нефти БелНИПИнефть РУП
«ПО Белоруснефть» канд. геол.-минерал. наук *М. Ф. Кибаиш*;
зав. каф. «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений
и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук *А. В. Захаров*

Махнач, Т. А.
М36 Методы повышения нефтегазоотдачи пластов : метод. указания к контрол. работам по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заоч. форм обучения / Т. А. Махнач. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 45 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-846-6.

Содержит задачи для определения параметров гидравлического разрыва пласта. Представлены теоретические сведения и описаны методики решения задач.

Для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

**УДК 622.276.66(075.8)
ББК 33.361я73**

ISBN 978-985-420-846-6

© Махнач Т. А., 2009
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Важным резервом в преодолении причин снижения темпов добычи нефти является проведение геолого-технических мероприятий, направленных на увеличение нефтеотдачи пластов и интенсификацию добычи нефти. Именно в Республике Беларусь, где по причине крайней ограниченности ресурсов и большой доли трудноизвлекаемых запасов, во главу работы нефтедобывающей отрасли ставится полнота извлечения углеводородов. РУП «ПО Белоруснефть» активно внедряет прогрессивные методы повышения нефтеотдачи пластов, что позволяет поддерживать темпы добычи нефти на запланированном уровне.

В соответствии с учебным планом для теоретического и практического изучения вопросов дисциплины «Методы повышения нефтегазоотдачи» студентами выполняется контрольная работа.

В процессе выполнения контрольной работы студент учится пользоваться источниками научно-технической информации, усваивает основы технологий промышленно применяемых методов увеличения нефтеотдачи пластов, направленных на уменьшение остаточных запасов нефти и извлечение экономически рентабельной их части, приобретает навыки выполнения различных расчетов, необходимых для успешной реализации новых технологий.

Контрольная работа выполняется в ученической тетради или на листах формата А4. Структурными элементами работы являются:

- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованной литературы.

В содержании предоставляется перечень всех структурных частей работы и номера страниц, с которых они начинаются.

Во введении студентами освещаются вопросы, связанные с актуальностью изучаемой темы, формулируется цель работы, а также основные задачи, с помощью которых достигается поставленная цель.

Основная часть работы состоит из теоретического и практического разделов.

Заключение является завершающим этапом работы, где отражаются основные выводы, сделанные студентом в процессе изучения темы.

Список использованной литературы включает сведения об источниках, которые были задействованы в процессе изучения темы.

Работа должна быть аккуратно оформлена, написана четким почерком без помарок, с указанием страниц и даты ее оформления. Работа сдается в деканат заочного отделения. В течение 3-х дней проверяется и рецензируется преподавателем, после чего работа возвращается на кафедру РЭНМ и ТН.

1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА

1.1. Теоретические основы метода

В настоящее время в разработку широко вовлекаются трудноизвлекаемые запасы нефти, приуроченные к низкопроницаемым, слабодренируемым, неоднородным и расчлененным коллекторам. Одним из эффективных методов повышения продуктивности скважин, вскрывающих такие пласты, и увеличения темпов отбора из них является гидравлический разрыв пласта (ГРП).

Гидравлическим разрывом называется процесс, при котором давление жидкости воздействует непосредственно на породу пласта вплоть до ее разрушения и возникновения трещины. Продолжающееся воздействие давления жидкости расширяет трещину вглубь от точки разрыва. В закачиваемую жидкость добавляется расклинивающий материал (проппант), например, песок, керамические шарики или агломерированный боксит. Назначение этого материала – удержать созданную трещину в раскрытом состоянии после сброса давления жидкости. Так создается новый, более просторный канал притока. Канал объединяет существующие природные трещины и создает дополнительную площадь дренирования скважины.

Технологии проведения ГРП могут преследовать различные цели. Следовательно, область применения ГРП может быть классифицирована следующим образом:

- *интенсификация добычи нефти* из скважин с загрязненной призабойной зоной, в результате чего увеличивается эффективный радиус скважины за счет создания высокопроводящих трещин ограниченной длины в средне- и высокопроницаемых пластах, а также в низкопроницаемых коллекторах;
- *обеспечение гидродинамической связи* скважины с системой естественных трещин пласта и расширение зоны дренирования;
- *ввод в разработку низкопроницаемых залежей* с потенциальным дебитом скважин в 2–3 раза ниже уровня рентабельной добычи и перевод забалансовых запасов в промышленные;
- *разработка сложных расчлененных и неоднородных пластов*, характеризующихся высокой степенью прерывистости, на основе комплексной оптимизации системы разработки с целью обеспечения гидродинамического взаимодействия пласта и системы скважин с трещинами гидроразрыва для увеличения темпа отбора извлекаемых

запасов, повышения нефтеотдачи за счет вовлечения в активную разработку слабодренлируемых зон и прослоев и увеличения охвата пласта воздействием.

Технология гидравлического разрыва должна решить следующие задачи:

1. Создание трещины. Трещина создается путем закачки жидкостей подходящего состава в пласт со скоростью, превышающей ее поглощение. Давление жидкости должно возрастать до тех пор, пока не будут преобладают внутренние напряжения в породе. В результате в породе образуется трещина.

2. Удержание трещины в раскрытом состоянии. Как только началось развитие трещины, в жидкость добавляется расклинивающий материал – *проппант* (обычно песок), переносимый жидкостью в трещину. После завершения процесса гидроразрыва и сброса давления проппант удерживает трещину открытой и, следовательно, проницаемой для пластовых жидкостей.

3. Удаление жидкости разрыва. Прежде чем начать добычу из скважины, следует удалить жидкость разрыва. Степень сложности ее удаления зависит от характера применяемой жидкости, давления в пласте и относительной проницаемости пласта по жидкости разрыва. Удаление жидкости разрыва является важной операцией, т.к. она понижает относительную проницаемость пород, что может являться препятствием притока жидкостей.

4. Повышение продуктивности пласта. До начала проектирования процесса следует провести анализ его экономической целесообразности.

Метод ГРП имеет множество технологических решений, обусловленных поставленной целью и особенностями конкретного объекта обработки. Технологии ГРП различаются прежде всего по объемам закачки технологических жидкостей и проппантов и, соответственно, по размерам создаваемых трещин.

Наиболее широкое распространение получил *локальный гидроразрыв* как эффективное средство воздействия на призабойную зону скважин. При этом бывает достаточно создать трещины длиной 10–20 м с закачкой десятков кубических метров жидкости и единиц тонн проппанта. В этом случае дебит скважин увеличивается в 2–3 раза.

Проведение гидроразрыва с образованием протяженных трещин приводит к увеличению не только проницаемости призабойной зоны, но и охвата пласта воздействием, вовлечению в разработку дополни-

тельных запасов нефти и повышению нефтеизвлечения в целом. В результате может снижаться текущая обводненность добываемой продукции. Оптимальная длина закрепленной трещины при проницаемости пласта $0,01-0,05 \text{ мкм}^2$ обычно составляет 40–60 м, а объем закачки – от десятков до сотен кубических метров жидкости и от единиц до десятков тонн пропантов.

Высокая эффективность обработки призабойной зоны может быть достигнута сочетанием механического (гидроразрыв пласта с образованием трещин) и химического (обработка карбонатной породы соляной кислотой) способов воздействия. Такой вид воздействия называется *гидрокислотным разрывом*. Эффект достигается использованием в качестве жидкости разрыва загущенной соляной кислоты или гидрофобной кислотной эмульсии.

Являясь внутренней фазой в эмульсии, соляная кислота не имеет непосредственного контакта с металлом скважинных коммуникаций и породой, и, следовательно, не теряет своей химической активности. После закачки эмульсии в пласт происходит ее расслоение на составляющие жидкие компоненты и кислота, химически взаимодействуя с карбонатами, растворяет их, образуя широкую сеть так называемых каналов растворения. В результате значительно улучшается фильтрационная характеристика прискважинной части пласта, а образовавшиеся трещины не смыкаются по всей поверхности даже без использования наполнителя.

Важнейшим элементом подготовки каждой операции ГРП является сбор и анализ первичной информации. Данные, необходимые для подготовки ГРП, можно разделить на три группы:

- геолого-физические свойства пласта (проницаемость, пористость, насыщенность, пластовое давление, положение газонефтяного и водонефтяного контактов, петрография пород);
- характеристика геометрии и ориентации трещины (минимальное горизонтальное напряжение, модуль Юнга, вязкость и плотность жидкости разрыва, коэффициент Пуассона – коэффициент поперечной деформации, сжимаемость породы и др.);
- свойства жидкости разрыва.

Основными источниками информации являются геологические, геофизические и петрографические исследования, лабораторный анализ керн, а так же результаты промышленного эксперимента, заключающегося в проведении микро- и мини-гидроразрывов.

1.2. Создание оптимальной технологии ГРП

Создание оптимальной технологии ГРП подразумевает соблюдение следующих критериев:

- обеспечение оптимальной выработки запасов месторождения;
- максимальная глубина проникновения проппанта в трещину;
- достижение оптимальных параметров нагнетания жидкости разрыва и проппанта;
- минимальная стоимость обработки;
- получение максимальной прибыли за счет дополнительной добычи нефти и газа.

В соответствии с этими критериями можно выделить следующие этапы оптимального проведения ГРП на объекте:

1. Выбор скважин для обработки с учетом существующей или проектируемой системы разработки, которая обеспечит максимальную добычу нефти и газа при минимальных затратах.

2. Определение оптимальной геометрии трещины (длины и проводимости) с учетом проницаемости пласта, системы расстановки скважин, удаленности скважины от газо- или водонефтяного контакта.

3. Выбор модели распространения трещины на основе анализа механических свойств породы, распределения напряжений в пласте и предварительных экспериментов.

4. Подбор проппанта с соответствующими прочностными свойствами, расчет объема и концентрации проппанта, необходимых для получения трещины с заданными свойствами.

5. Подбор жидкости разрыва с подходящими реологическими свойствами с учетом характеристик пласта, проппанта и геометрии трещины.

6. Расчет необходимого количества жидкости разрыва и определение оптимальных параметров нагнетания с учетом характеристик жидкости и проппанта, а также технологических ограничений.

7. Расчет экономической эффективности проведения ГРП.

1.3. Расчет и выбор основных показателей гидроразрыва пласта

Исходными данными для расчета ГРП являются:

- глубина скважины, м;
- пластовое давление, МПа;
- толщина обрабатываемого пласта, м;
- проницаемость пласта, м^2 ;

- диаметр эксплуатационной колонны, мм;
- средняя плотность горных пород, кг/м³.

Основные показатели процесса ГРП:

- давление разрыва пласта, МПа;
- определение оптимальной геометрии трещины, м;
- расход рабочих жидкостей и песка, м³;
- размеры трещины (м) и ее проницаемости, м²;
- проницаемость трещины призабойной зоны скважины после ГРП, м²;
- количество специальных (насосных) агрегатов;
- эффективность ГРП.

1.3.1. Определение давления разрыва пласта

Целью проведения ГРП является образование в пласте новых трещин и расширение существующих, что приводит к увеличению проницаемости призабойной зоны, охвата пласта воздействием, вовлечению в разработку дополнительных запасов нефти. Для осуществления ГРП необходимо создать такое давление, которое могло бы преодолеть в породах пласта напряжение, создаваемое горным давлением вышележащей толщи пород (геостатическое давление), и преодолеть прочность продуктивной части пород на разрыв:

$$P_p = P_r + \delta_p \quad \text{или} \quad P_p = H \cdot \rho_n \cdot g + \delta_p, \quad (1)$$

где P_p – забойное давление разрыва пласта, МПа; P_r – горное (геостатическое) давление, МПа; H – глубина залегания пласта, м; ρ_n – средняя плотность вышележащих горных пород (для Припятской впадины – 2100–2210), кг/м³; g – ускорение свободного падения – 9,8 м/сек²; δ_p – прочность породы обрабатываемого пласта на разрыв в условиях всестороннего сжатия (прочность известняка и доломита на растяжение – 6–12, песчаника – 5–10), МПа.

Горные породы, налегая друг на друга, находятся в определенном напряженном состоянии, вызванным собственным весом пород, глубиной их залегания и характером самих пород. До нарушения условий залегания пород скважиной внешнее давление от собственного веса вышележащих пород и возникающие в породе ответные напряжения находятся в условиях равновесия.

Составляющие этого нормального поля напряжений имеют следующие значения.

Вертикальная составляющая горного давления:

$$P_{\text{ГВ}} = \rho_{\text{п}} \cdot g \cdot L, \quad (2)$$

где $P_{\text{ГВ}}$ – вертикальная составляющая горного давления, МПа; $\rho_{\text{п}}$ – средняя плотность вышележащих горных пород, равная 2200–2600 кг/м³; g – ускорение свободного падения – 9,8 м/с²; L – глубина залегания пласта, м.

С учетом повышения плотности горных пород с глубиной максимально ожидаемое горное давление для вертикальной составляющей рекомендуется брать:

$$P_{\text{ГВ max}} = 1,05 \cdot P_{\text{ГВ}}. \quad (3)$$

Горизонтальная составляющая горного давления:

$$P_{\text{ГГ}} = P_{\text{ГВ}} \cdot \frac{\lambda}{1 - \lambda}, \quad (4)$$

где $P_{\text{ГГ}}$ – горизонтальная составляющая горного давления, МПа; λ – коэффициент поперечной деформации горных пород – коэффициент Пуассона ($\lambda = 0,2$ – $0,3$).

Минимальное ожидаемое давление разрыва можно определить по формуле

$$P_{\text{P min}} = 0,8 \cdot P_{\text{ГВ max}} \quad (5)$$

с учетом:

- разгрузки горного давления в результате деформаций пород в разрезе, вскрытых в скважине;
- наличия естественной трещиноватости в продуктивных пластах;
- образования вертикальных трещин.

1.3.2. Определение оптимальной геометрии трещины

Трещина разрыва может быть сориентирована в горизонтальном или вертикальном направлении. Тип разрыва, который может произойти в конкретных условиях, зависит от напряжения в пласте. Разрыв происходит в направлении, перпендикулярном наименьшему напряжению.

В большинстве скважин происходят вертикальные разрывы. Трещина разрыва образует два крыла, ориентированные под углом 180° друг к другу (рис. 1.1).

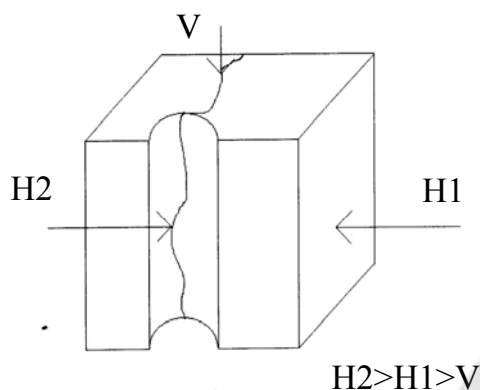


Рис. 1.1. Вертикальный разрыв

Горизонтальный разрыв происходит в скважине, если горизонтальное напряжение больше, чем вертикальные напряжения (рис. 1.2).

Определяем *параметры образования горизонтальной трещины* в случае разрыва фильтрующей и нефилтующей жидкостями:

1. В случае образования горизонтальной трещины можно вычислить ее радиус R_T по следующей эмпирической формуле:

$$R_T = (0,0134 - 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot L_c) (10^3 \cdot Q \cdot \sqrt{\mu_{жр} \cdot t / k})^{0,5}, \quad (6)$$

где R_T – радиус горизонтальной трещины, м; L_c – глубина скважины, м; Q – темп закачки жидкости разрыва, $\text{м}^3/\text{с}$; $\mu_{жр}$ – вязкость жидкости разрыва, $\text{Па} \cdot \text{с}$; t – время закачки жидкости разрыва (продолжительность гидроразрыва), с; k – проницаемость призабойной зоны, м^2 .

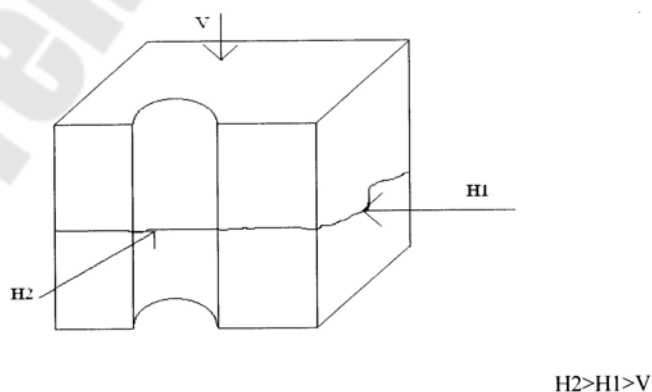


Рис. 1.2. Горизонтальный разрыв

2. Ширина (раскрытость) горизонтальной трещины (ω_0) на стенке скважины в случае разрыва фильтрующейся жидкостью рассчитывается по формуле

$$\omega_0 = \frac{16}{3} \cdot \frac{(1 - \nu^2) \cdot (P_p - P_{гв}) \cdot R_m}{\pi \cdot E}, \quad (7)$$

где P_p – забойное давление разрыва, МПа; $P_{гв}$ – вертикальная составляющая горного давления, МПа; E – модуль упругости пород ($E = (1-2) \div 10^4$) МПа; ν – коэффициент Пуассона горных пород (0,2–0,3); R_m – радиус горизонтальной трещины, м.

Механизм образования трещин при разрыве фильтрующейся в пласт жидкостью можно представить в следующем виде:

- в каждой сцементированной горной породе имеются естественные микротрещины, которые под действием горного давления, создаваемого вышележащими породами, плотно сжаты;

- нагнетаемая под давлением в скважину жидкость фильтруется в первую очередь по зонам наибольшей проницаемости, в том числе в естественные трещины;

- между пропластками по вертикали создается разность давления, т. к. в более проницаемых пропластках и трещинах давление будет больше, чем в мало- или непроницаемых;

- в результате возникающего усилия, действующего на кровлю и подошву проницаемого пласта, вышележащие породы подвергаются деформации, и на границах пропластков образуются трещины или расширяются уже имеющиеся микротрещины.

3. Механизм образования трещин при использовании нефилт­рующей жидкости соответствует разрыву пласта и становится сходным с разрывом толстостенных сосудов. Нефилт­рующая жидкость (например, водонефтяная эмульсия) используется для выполнения гидрокислотного разрыва в трещиноватых коллекторах. Образующиеся при этом трещины имеют, как правило, вертикальное или наклонное направление. При разрыве фильтрующейся жидкостью давление разрыва обычно бывает меньше, чем при разрыве нефилт­рующимися жидкостями.

Раскрытость трещин в случае разрыва нефилт­рующей жидкостью вычисляем по формуле

$$\omega_o = \frac{8(1 - \nu^2)(P_p - P_{гв})R_T}{\pi \cdot E}, \quad (8)$$

где P_p – забойное давление разрыва, МПа; $P_{гв}$ – вертикальная составляющая горного давления, МПа; E – модуль упругости пород ($E = (1-2) \times 10^4$) МПа; ν – коэффициент Пуассона горных пород ($\nu = 0,2-0,3$); R_T – радиус горизонтальной трещины, м.

Определяем *параметры образования вертикальной трещины* в случае разрыва фильтрующейся и нефилтующейся жидкостями:

1. В случае образования вертикальной трещины при разрыве пласта фильтрующейся жидкостью раскрытость трещины составит

$$\omega_o = \frac{4(1 - 2\nu)(1 + \nu)(P_p - P_{гг})}{3E} \cdot \sqrt{\frac{V_{ж} \cdot Q \cdot \mu_{жр}}{2\pi^2 \cdot h^2 \cdot m \cdot k \cdot P_{гг}}}, \quad (9)$$

где P_p – забойное давление разрыва, МПа; $P_{гг}$ – горизонтальная составляющая горного давления, МПа; E – модуль упругости пород ($E = (1-2) \times 10^4$) МПа; Q – темп закачки жидкости разрыва, м³/с; $\mu_{жр}$ – вязкость жидкости разрыва, Па · с; k – проницаемость призабойной зоны, м²; m – пористость пласта, (% от $V_{пор}$); h – вскрытая толщина пласта, м; $V_{ж}$ – объем жидкости разрыва, м³.

Длина трещины L , м:

$$L = \sqrt{\frac{V_{ж} \cdot Q \cdot \mu_{жр}}{2\pi^2 \cdot h^2 \cdot m \cdot k \cdot P_{гг}}}. \quad (10)$$

2. В случае разрыва пласта нефилтующейся жидкостью раскрытость трещины составит

$$\omega_o = \frac{4(1 - \nu^2)(P_p - P_{гг})}{E}, \quad (11)$$

а длина трещины:

$$L = \sqrt{\frac{V_{ж} \cdot E}{5,6(1 - \nu)^2 \cdot h(P_p - P_{гг})}}. \quad (12)$$

Распространение жидкости-песконосителя в трещине составит:

$$L_{\text{жп}} = 0,9L, \quad (13)$$

где L – длина трещины, м.

Определим остаточную ширину трещины, принимая пористость песка после ее закрытия равной 0,2 %:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0 \cdot n_0}{1 - m}, \quad (14)$$

где ω_0 – ширина (раскрытость трещины); n_0 – коэффициент бокового распора (0,107);

Определяем проницаемость трещины такой ширины:

$$K_T = \frac{\omega_1^2}{12}, \quad (15)$$

где ω_1 – остаточная ширина трещины.

1.3.3. Расход рабочих жидкостей и песка

Операция гидравлического разрыва пласта состоит из следующих последовательных этапов:

- закачка в пласт жидкости разрыва для образования трещин в пласте;
- закачка жидкости-песконосителя;
- закачка жидкости для продавливания песка в скважину.

Для проведения этих операций заранее устанавливают качество и объем рабочей и продавочной жидкостей, количество песка и его концентрацию в рабочей жидкости.

Общие требования к рабочим жидкостям всех трех категорий:

1) рабочие жидкости, нагнетаемые в пласт, не должны уменьшать проницаемость (абсолютную, фазовую) породы пласта. Поэтому технология проведения ГРП предусматривает применять в нефтяных скважинах жидкости с углеводородной основой, а в нагнетательных – с водой. Исключением из этого правила являются:

- нефтяные скважины с пластами, представленными карбонатными породами, где в качестве рабочих жидкостей могут быть использованы водные растворы соляной кислоты или другие жидкости на ее основе;

– нефтяные скважины, предназначенные для перевода в нагнетательные, где могут быть использованы жидкости на водной основе;

2) рабочие жидкости для ГРП не должны содержать посторонних механических примесей и при соприкосновении с пластовыми жидкостями и породой пласта не должны образовывать нерастворимых осадков;

3) рабочие жидкости должны обладать свойствами, обеспечивающими наиболее полное их удаление из созданных трещин и порового пространства пород. Предпочтение отдается рабочим жидкостям, полностью растворимым в пластовых жидкостях;

4) вязкость рабочих жидкостей должна быть стабильной в условиях обрабатываемого пласта на протяжении всего времени проведения процесса гидроразрыва пласта.

Назначения и требования к каждой категории рабочих жидкостей:

Жидкость разрыва – рабочий агент, нагнетанием которого в призабойной зоне пласта создается давление, обеспечивающее нарушение целостности пород пласта с образованием новых трещин или расширение и развитие уже существующих. Для выполнения гидрокислотного разрыва в трещиноватых коллекторах используют нефилтующую жидкость, например, водонефтяную эмульсию, состоящую из нефти, воды и ПАВ (1–2 %). Для расширения трещин в карбонатных коллекторах применяют кислотный раствор (18%-й раствор HCl) или нефтекислотную эмульсию (нефть – 45 %, 18%-й раствор HCl – 55 %, ПАВ – 0,1 %). Количество жидкости разрыва зависит от следующих параметров:

- вязкость и фильтруемость жидкости разрыва;
- проницаемость пород ПЗС;
- темп закачки;
- давление разрыва.

По опытным данным количество жидкости разрыва (V_p) колеблется от 10 до 100 м³. Объем кислотного раствора ($V_{кр}$) – 20–40 м³.

Продавочная жидкость – применяется для продавки из насосно-компрессорной трубы (НКТ) в обрабатываемый пласт жидкости разрыва и жидкости-песконосителя. Продавочная жидкость при всех условиях должна обладать минимальной вязкостью. В зависимости от выбранной технологии ГРП продавочная жидкость задавливается в поровое пространство пласта и созданные трещины или не попадает в них.

В первом случае продавочная жидкость должна соответствовать всем требованиям рабочих жидкостей гидроразрыва. Во втором случае в качестве продавочной жидкости применяется любая жидкость. Объем продавочной жидкости определяется по следующей формуле:

$$V_{\Pi} = q_{\text{м}} \cdot H_{\text{тр}} + q_{\text{к}} \cdot H_{\text{к}}, \quad (16)$$

где V_{Π} – объем продаваемой жидкости, м³; $q_{\text{м}}$ – объем погонного метра НКТ, м³; $q_{\text{к}}$ – объем погонного метра колонны, м³; $H_{\text{тр}}$ – длина труб НКТ, м; $H_{\text{к}}$ – длина труб эксплуатационной колонны, м.

Объем жидкости для продавки жидкости-песконосителя можно определить по формуле

$$V_{\Pi} = 0,785 d_{\text{вн}}^2 \cdot L_{\text{с}}, \quad (17)$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр НКТ, м; $L_{\text{с}}$ – длина скважины, м.

Для характеристики режима движения продаваемой жидкости определим число Рейнольдса, которое зависит от средней скорости движения жидкости, диаметра трубы, плотности абсолютной вязкости жидкости:

$$R_e = \frac{4Q \cdot \rho_{\text{ж}}}{\pi d \cdot \mu_{\text{ж}}}, \quad (18)$$

где Q – планируемый темп закачки, м³/с; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность закачиваемой жидкости, кг/м³; d – диаметр труб, по которым закачивается жидкость, м; $\mu_{\text{ж}}$ – вязкость закачиваемой жидкости, Па · с.

Определяем коэффициент гидравлического сопротивления (λ) прохождения жидкости по трубам:

$$\lambda = \frac{64}{R_e} \text{ – для ламинарного режима движения;} \quad (19)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt{R_e}} \text{ – для турбулентного режима движения.} \quad (20)$$

В пласты, сложенные из песчаников и малотрещиноватых известняков, считается целесообразным закачивать в среднем 8–10 т песка на скважину. В отдельных случаях это количество уменьшают до 4–5 т или, наоборот, увеличивают до 20 т.

В результате осуществления рассмотренных ранее последовательных этапов ГРП происходят потери давления в трубах. Потери давления на трение в трубах составят:

$$P_{\text{тр}} = \lambda \frac{16Q^2 \cdot L}{2\pi^2 \cdot d^5} \cdot \rho_{\text{ж}}, \quad (21)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; Q – планируемый темп закачки, м³/с; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность закачиваемой жидкости, кг/м³; L – длина труб НКТ, м; d – диаметр труб, по которым закачивается жидкость, м.

Давление, которое необходимо создать на устье скважины составит:

$$P_y = P_{\text{грп}} - \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot L + P_{\text{тр}}, \quad (22)$$

где P_y – давление на устье скважины, МПа; $P_{\text{грп}}$ – забойное давление разрыва пласта, МПа; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность закачиваемой жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения – 9,8 м/с²; L – длина труб НКТ, м; $P_{\text{тр}}$ – потери давления на трение.

Рабочие жидкости гидроразрыва в скважину закачивают насосными аппаратами. Необходимое число насосных агрегатов вычисляют по формуле

$$N = \frac{P_y \cdot Q}{P_a \cdot Q_a \cdot K_{\text{тс}}} + 1, \quad (23)$$

где P_y – давление, которое нужно создать на устье при ГРП, МПа; P_a – рабочее давление агрегата, МПа; Q – темп закачки, м³/с; Q_a – производительность агрегата, л/с; $K_{\text{тс}}$ – коэффициент технического состояния агрегата в зависимости от срока службы (0,5–0,8).

Продолжительность гидроразрыва:

$$t = \frac{V_{\text{п}}}{Q}, \quad (24)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем продавочной жидкости, м³; Q – расход жидкости разрыва, л/с.

1.3.4. Прогноз эффективности ГРП

Перед проведением технологии ГРП необходимо произвести прогноз эффективности работ. В основу расчета прогнозных показателей положены следующие представления:

- в результате ГРП произойдет изменение приведенного радиуса скважины;
- после ГРП при работе скважины будет задана та же депрессия на пласт, что и до ГРП;

– за базу взяты текущий дебит и фильтрационные характеристики до ГРП.

Тогда дебит после ГРП будет равен

$$Q_{\text{ГРП}} = Q_{\text{Т}} \frac{\ln(R_k / r_{\text{с.пр.1}})}{\ln(R_k / r_{\text{с.пр.2}})}, \quad (25)$$

где $Q_{\text{ГРП}}$ – дебит скважины после ГРП, м³/сут.; $Q_{\text{Т}}$ – текущий дебит скважины до ГРП, м³/сут.; R_k – радиус контура питания, м; $r_{\text{с.пр.1}}$ – приведенный радиус скважины до ГРП, м; $r_{\text{с.пр.2}}$ – приведенный радиус скважины после ГРП, м.

Радиус скважины до ГРП определяется по результатам гидродинамических исследований. Радиус после ГРП рассчитывается из выражения Хавкинса:

$$\ln \frac{r_{\text{с.пр.2}}}{r_{\text{с}}} = \frac{S_2}{(k_{\text{пл}} / k_3 - 1)}, \quad (26)$$

где S_2 – скин-фактор после ГРП, ед.; $r_{\text{с.пр.2}}$ – приведенный радиус зоны вокруг скважины с измененной, повышенной после ГРП, проницаемостью, м; $r_{\text{с}}$ – радиус скважины в метрах; $k_{\text{пл}}$ – проницаемость пласта, мкм²; k_3 – проницаемость зоны вокруг скважины с увеличенной за счет ГРП проницаемостью, мкм².

Учитывая, что проницаемость пласта после ГРП, как правило, намного меньше проницаемости прискважинной зоны (проницаемость пласта равна единицам миллидарси, а проницаемость прискважинной зоны – десяткам дарси), получим:

$$\frac{k_{\text{пл}}}{k_3 - 1} = -1;$$

$$\ln \frac{r_{\text{с.пр.2}}}{r_{\text{с}}} = -S_2. \quad (27)$$

Тогда кратность прироста дебита после ГРП составит

$$\frac{Q_{\text{ГРП}}}{Q_{\text{Т}}} = \frac{\ln(R_k / r_{\text{с.пр.2}})}{\ln(R_k / r_{\text{с}}) + S_2}. \quad (28)$$

Таблица 1

Данные для расчета показателей процесса ГРП

Показатель	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина скважины, м	2900	2920	2930	2900	2655	2960	2840	3202	3200	3000	3100	2800
Вскрытая толщина пласта, м	16	25	18	8	7	5	7	18	16	10	14	10
Модуль упругости пород, Па	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$
Коэффициент Пуассона	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Средняя плотность пород, кг/м ³	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2	2385,2
Плотность жидкости разрыва, кг/м ³	930	950	940	900	930	945	950	900	990	960	940	910
Темп закачки, м ³ /с	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Вертикальная составляющая горного давления, МПа												
Горизонтальная составляющая горного давления, МПа												
Давление на забое в конце гидроразрыва, МПа												
Длина трещины, м												
Раскрытость трещины, м												
Остаточная ширина трещины, см												

Окончание табл. 1

Показатель	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Проницаемость трещины, м ²												
Плотность жидкости-песконосителя, кг/м ³												
Число Рейнольдса												
Коэффициент гидравлического сопротивления												
Потеря давления на трение, МПа												
Устьевое давление, МПа												
Объем продавочной жидкости, м ³												
Объем жидкости разрыва, м ³												
Объем жидкости-песконосителя, м ³												
Продолжительность ГРП, мин.												

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для приобретения навыков логического изложения материала и оформления научно-технической информации студенты выполняют контрольную работу согласно правилам оформления технической документации и рекомендаций к дипломному проектированию.

Структурные элементы контрольной работы:

- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованной литературы.

Тема каждого задания по контрольной работе выбирается студентами согласно списку группы. Контрольная работа состоит из теоретического и практического разделов, которые соответствуют основной части работы.

Теоретический вопрос должен быть полностью раскрыт согласно литературе, указанной в задании, и дополнительной научно-технической информации.

Исходным материалом для выполнения практической части контрольной работы является информация, представленная в главе 1. На каждом этапе расчета показателей процесса ГРП приводятся формулы, ссылки на которые соответствуют их порядковому номеру. В табл. 1 указаны номера скважин и данные, необходимые для расчета показателей ГРП для заданий 1–12. Пустые ячейки таблицы соответствуют показателям, которые надо определить согласно всем 22 заданиям. Задания 13–17 и 18–22 сопровождаются значениями параметров скважин, которые помогут произвести расчет показателей процесса ГРП.

2.1. Практическое задание 1

2.1.1. Состояние добычи нефти методами повышения нефтеотдачи
Литература:

1. Антониади, Д. Г. Состояние добычи нефти методами повышения нефтеизвлечения в общем объеме мировой добычи / Д. Г. Антониади, А. А. Валуйский, А. Гарушев // Нефтяное хозяйство. – 1999. – № 1.

2. Кудинов, В. И. Новые технологии повышения добычи нефти / В. И. Кудинов, Б. М. Сучков. – Самара : Кн. изд-во, 1998. – 368 с.

2.1.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 1 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 1 (табл. 1).

2.2. Практическое задание 2

2.2.1. Виды остаточных запасов нефти и ее свойства

Литература:

1. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.2.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 2 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 2 (табл. 1).

2.3. Практическое задание 3

2.3.1. Силы, удерживающие нефть в пласте, и возможности их преодоления

Литература:

1. Бескопильный, В. Н. Учебное пособие по курсу «Физика пласта» / В. Н. Бескопильный. – Гомель : ГГТУ, 1999. – 128 с.

2. Гиматудинов, Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта : учебник / Ш. К. Гиматудинов. – Москва : Недра, 1971. – 312 с.

2.3.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 3 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 3 (табл. 1).

2.4. Практическое задание 4

2.4.1. Влияние поверхностного натяжения на вытеснение нефти из пласта и методы его преодоления

Литература:

1. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2. Физика нефтяного и газового пласта : учебник / Ш. К. Гимадуинов. – Москва : Недра, 1971. – 312 с.

2.4.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 4 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 4 (табл. 1).

2.5. Практическое задание 5

2.5.1. Особенности вытеснения капиллярно-удержанной и пленочной нефти

Литература:

1. Современные методы увеличения нефтеотдачи пластов // Сб. статей. – Москва : Наука. РАН, 1992. – 136 с.

2. Сургучев, М. Л. Физико-химические микропроцессы в нефтегазонасыщенных пластах / М. Л. Сургучев, Ю. В. Желтов, Э. М. Симкин. – Москва : Недра, 1984.

2.5.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для сква-

жины 5 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 5 (табл. 1).

2.6. Практическое задание 6

2.6.1. Классификация методов повышения нефтеотдачи

Литература:

1. Поддубный, Ю. А. О классификации методов увеличения нефтеотдачи пластов / Ю. А. Поддубный, С. А. Жданов // Нефтяное хоз-во. – 2003. – № 4. – 19 с.

2. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2.6.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 6 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] по скважине 6 (табл. 1).

2.7. Практическое задание 7

2.7.1. Физико-химические методы регулирования охвата неоднородных пластов воздействием при заводнении

Литература:

1. Современные методы увеличения нефтеотдачи пластов // Сб. статей. – Москва : Наука. РАН, 1992. – 136 с.

2. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, [и др]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

3. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

4. Хисамов, Р. С. Увеличение охвата продуктивных пластов воздействием / Р. С. Хисамов, А. А. Газизов, А. Ш. Газизов. – Москва : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003. – 568 с.

2.7.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?

3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?

4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 7 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?

5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 7 (табл. 1).

2.8. Практическое задание 8

2.8.1. Полимерное заводнение и его разновидности

Литература:

1. Кудинов, В. И. Новые технологии повышения добычи нефти / В. И. Кудинов, Б. М. Сучков. – Самара : Кн. изд-во, 1998. – 368 с.

2. Применение полимеров в добыче нефти / Г. И. Григоращенко [и др.]. – Москва : Недра, 1978.

3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2.8.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?

2. Что такое горное давление и как оно определяется?
3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?
4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 8 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?
5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] по скважине 8 (табл. 1).

2.9. Практическое задание 9

2.9.1. Мицеллярно-полимерное заводнение

Литература:

1. Кудинов, В. И. Новые технологии повышения добычи нефти / В. И. Кудинов, Б. М. Сучков. – Самара : Кн. изд-во, 1998. – 368 с.
2. Применение полимеров в добыче нефти / Г. И. Григоращенко [и др.]. – Москва : Недра, 1978.
3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2.9.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?
2. Что такое горное давление и как оно определяется?
3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?
4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 9 (табл. 1.1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?
5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] по скважине 9 (табл. 1.1).

2.10. Практическое задание 10

2.10.1. Применение ПАВ и композиций на их основе

Литература:

1. Кудинов, В. И. Новые технологии повышения добычи нефти / В. И. Кудинов, Б. М. Сучков. – Самара : Кн. изд-во, 1998. – 368 с.
2. Применение полимеров в добыче нефти / Г. И. Григорашенко [и др.]. – Москва : Недра, 1978.
3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2.10.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?
2. Что такое горное давление и как оно определяется?
3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?
4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 10 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?
5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 10 (табл. 1).

2.11. Практическое задание 11

2.11.1. Технологии увеличения нефтеотдачи на основе кислотного воздействия

Литература:

1. Временная инструкция по интенсификации притока нефти в пластах с терригенным коллектором: РД 39-18-99 / РУП «ПО «Белоруснефть», БелНИПИнефть. – Гомель, 2000. – 45с.
2. Стандарт предприятия технологии интенсификации притока в карбонатных пластах: СТП 09100. 17015. 029–1998 / РУП «ПО «Белоруснефть», БелНИПИнефть. – Гомель, 2004. – 77 с.

2.11.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?
2. Что такое горное давление и как оно определяется?
3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?
4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 11 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?
5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 11 (табл. 1).

2.12. Практическое задание 12

2.12.1. Особенности пенокислотных обработок

Литература:

1. Стандарт предприятия технологии интенсификации притока в карбонатных пластах: СТП 09100. 17015. 029–1998 / РУП «ПО «Белоруснефть», БелНИПИнефть. – Гомель, 2004. – 77 с.

2.12.2. Определение давления разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие силы необходимо преодолеть для осуществления технологии ГРП?
2. Что такое горное давление и как оно определяется?
3. В каком направлении образуются трещины разрыва и чем это обусловлено?
4. Произвести расчет вертикальной [формула (2), (3)] и горизонтальной [формула (4)] составляющих горного давления для скважины 12 (табл. 1). В каком направлении будет сориентирована образовавшаяся трещина?
5. Определить давление на забое в конце гидроразрыва [формула (1)] и минимальное ожидаемое давление разрыва [формула (5)] для скважины 12 (табл. 1).

2.13. Практическое задание 13

2.13.1. Применение газовых агентов при разработке нефтяных месторождений

Литература:

1. Применение углекислого газа в добыче нефти / В. Балинт [и др.]. – Москва : Недра, 1977.
2. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

2.13.2. Основные понятия о методе гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие задачи должны быть решены при гидравлическом разрыве?
2. В чем заключается цель проведения ГРП?
3. В каких условиях происходит разрыв пласта и в каких преимущественно направлениях?
4. Описать механизм образования горизонтальных и вертикальных трещин. В каких случаях применяют фильтрующие и нефилтрующие типы жидкостей разрыва?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) раскрытости трещины в случае образования вертикальной трещины при разрыве пласта фильтрующей жидкостью [формула (9)];
 - б) длины трещины [формула (10)];
 - в) раскрытости трещины [формула (11)] и ее длины формула (12) в случае разрыва пласта нефилтрующей жидкостью;
 - г) длины распространения жидкости-песконосителя в трещине [формула (13)];
 - д) остаточной ширины трещины [формула (14)];
 - е) проницаемости трещины полученной ширины [формула (15)].Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 1

Глубина скважины $L = 2930$ м.

Давление пластовое $P_{пл} = 18,8$ МПа.

Горизонтальная составляющая горного давления $P_{гг} = 22,85$ МПа.

Забойное давление разрыва $P_p = 54,35$ МПа.

Диаметр по долоту $D = 0,25$ м.

Вскрытая толщина пласта $h = 18$ м.
Модуль упругости пород $E = 2 \cdot 10^{10}$ Па.
Коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.
Средняя плотность пород над продуктивным горизонтом
 $\rho_{п} = 2385,2$ кг/м³.
Плотность жидкости разрыва $\rho_{п} = 940$ кг/м³.
Вязкость жидкости разрыва $\mu_{жр} = 0,2$ Па · с.
Темп закачки $Q = 2,4 \cdot 10^{-2}$ м³/с.
Объем жидкости разрыва $V_{ж} = 30$ м³.
Объем жидкости-песконосителя $V_{жп} = 30$ м³.
Проницаемость призабойной зоны $k = 0,000564$ мкм².
Пористость пласта $m = 22,8$ % от $V_{пор}$.

2.14. Практическое задание 14

2.14.1. Добыча остаточной нефти с использованием УВ газов

Литература:

1. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.
2. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.14.2. Основные понятия о методе гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие задачи должны быть решены при гидравлическом разрыве?
2. В чем заключается цель проведения ГРП?
3. В каких условиях происходит разрыв пласта и в каких преимущественно направлениях?
4. Описать механизм образования горизонтальных и вертикальных трещин. В каких случаях применяют фильтрующие и нефилтрующие типы жидкостей разрыва?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) раскрытости трещины в случае образования вертикальной трещины при разрыве пласта фильтрующей жидкостью [формула (9)];
 - б) длины трещины [формула (10)];

в) раскрытости трещины [формула (11)] и ее длины [формула (12)] в случае разрыва пласта нефилтующейся жидкостью;

г) длины распространения жидкости-песконосителя в трещине [формула (13)];

д) остаточной ширины трещины [формула (14)];

е) проницаемости трещины полученной ширины [формула (15)].

Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 2

Глубина скважины $L = 2900$ м.

Давление пластовое $P_{пл} = 15,4$ МПа.

Горизонтальная составляющая горного давления $P_{гг} = 22,62$ МПа.

Забойное давление разрыва $P_p = 55,20$ МПа.

Диаметр по долоту $D = 0,25$ м.

Вскрытая толщина пласта $h = 16$ м.

Модуль упругости пород $E = 2 \cdot 10^{10}$ Па.

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.

Средняя плотность пород над продуктивным горизонтом $\rho_{п} = 2385,2$ кг/м³.

Плотность жидкости разрыва $\rho_{п} = 930$ кг/м³.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{жр} = 0,2$ Па · с.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Объем жидкости разрыва $V_{ж} = 24$ м³.

Объем жидкости-песконосителя $V_{жп} = 27,4$ м³.

Проницаемость призабойной зоны $k = 0,000564$ мкм².

Пористость пласта $m = 22,8$ % от $V_{пор}$.

2.15. Практическое задание 15

2.15.1. Эффективность различных типов вытеснения нефти газом

Литература:

1. Применение углекислого газа в добыче нефти / В. Блинт [и др.]. – Москва : Недра, 1977.

2. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

3. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.15.2. Основные понятия о методе гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие задачи должны быть решены при гидравлическом разрыве?
2. В чем заключается цель проведения ГРП?
3. В каких условиях происходит разрыв пласта и в каких преимущественно направлениях?
4. Описать механизм образования горизонтальных и вертикальных трещин. В каких случаях применяют фильтрующиеся и нефилтрующие типы жидкостей разрыва?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) раскрытости трещины в случае образования вертикальной трещины при разрыве пласта фильтрующейся жидкостью [формула (9)];
 - б) длины трещины [формула (10)];
 - в) раскрытости трещины [формула (11)] и ее длины [формула (12)] в случае разрыва пласта нефилтрующейся жидкостью;
 - г) длины распространения жидкости-песконосителя в трещине [формула (13)];
 - д) остаточной ширины трещины формула [(14)];
 - е) проницаемости трещины полученной ширины формула [(15)].Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 3

Глубина скважины $L = 2920$ м.

Давление пластовое $P_{пл} = 20,7$ МПа.

Горизонтальная составляющая горного давления $P_{гг} = 22,77$ МПа.

Забойное давление разрыва $P_p = 59,99$ МПа.

Диаметр по долоту $D = 0,25$ м.

Вскрытая толщина пласта $h = 25$ м.

Модуль упругости пород $E = 2 \cdot 10^{10}$ Па.

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.

Средняя плотность пород над продуктивным горизонтом $\rho_{п} = 2385,2$ кг/м³.

Плотность жидкости разрыва $\rho_{п} = 950$ кг/м³.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{жр} = 0,2$ Па · с.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Объем жидкости разрыва $V_{ж} = 30$ м³.

Объем жидкости-песконосителя $V_{жп} = 20$ м³.

Проницаемость призабойной зоны $k = 0,000564$ мкм².
Пористость пласта $m = 22,8$ % от $V_{\text{пор}}$.

2.16. Практическое задание 16

2.16.1. Сочетание газового воздействия на пласт с заводнением
Литература:

1. Применение углекислого газа в добыче нефти / В. Блинт [и др.]. – Москва : Недра, 1977.
2. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.
3. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.16.2. Основные понятия о методе гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие задачи должны быть решены при гидравлическом разрыве?
2. В чем заключается цель проведения ГРП?
3. В каких условиях происходит разрыв пласта и в каких преимущественно направлениях?
4. Описать механизм образования горизонтальных и вертикальных трещин. В каких случаях применяют фильтрующиеся и нефилтрующие типы жидкостей разрыва?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) раскрытости трещины в случае образования вертикальной трещины при разрыве пласта фильтрующейся жидкостью [формула (9)];
 - б) длины трещины [формула (10)];
 - в) раскрытости трещины [формула (11)] и ее длины [формула (12)] в случае разрыва пласта нефилтрующейся жидкостью;
 - г) длины распространения жидкости-песконосителя в трещине [формула (13)];
 - д) остаточной ширины трещины [формула (14)];
 - е) проницаемости трещины полученной ширины [формула (15)].Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 4

Глубина скважины $L = 2930$ м.

Давление пластовое $P_{пл} = 18,8$ МПа.

Горизонтальная составляющая горного давления $P_{гг} = 22,85$ МПа.

Забойное давление разрыва $P_p = 54,35$ МПа.

Диаметр по долоту $D = 0,25$ м.

Вскрытая толщина пласта $h = 18$ м.

Модуль упругости пород $E = 2 \cdot 10^{10}$ Па.

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.

Средняя плотность пород над продуктивным горизонтом $\rho_{п} = 2385,2$ кг/м³.

Плотность жидкости разрыва $\rho_{п} = 940$ кг/м³.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{жр} = 0,2$ Па · с;

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Объем жидкости разрыва $V_{ж} = 30$ м³.

Объем жидкости-песконосителя $V_{жп} = 30$ м³.

Проницаемость призабойной зоны $k = 0,000564$ мкм².

Пористость пласта $m = 22,8$ % от $V_{пор}$.

2.17. Практическое задание 17

2.17.1. Тепловые способы воздействия на пласт

Литература:

1. Бурже, Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурно, М. Комбарну : пер. с фр. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.

2. Горбунов, А. Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений / А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1981.

3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.] – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

4. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.17.2. Основные понятия о методе гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Какие задачи должны быть решены при гидравлическом разрыве?

2. В чем заключается цель проведения ГРП?
3. В каких условиях происходит разрыв пласта и в каких преимущественно направлениях?
4. Описать механизм образования горизонтальных и вертикальных трещин. В каких случаях применяют фильтрующиеся и нефилтрующие жидкости разрыва?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) раскрытости трещины в случае образования вертикальной трещины при разрыве пласта фильтрующейся жидкостью [формула (9)];
 - б) длины трещины [формула (10)];
 - в) раскрытости трещины [формула (11)] и ее длины [формула (12)] в случае разрыва пласта нефилтрующейся жидкостью;
 - г) длины распространения жидкости-песконосителя в трещине [формула (13)];
 - д) остаточной ширины трещины [формула (14)];
 - е) проницаемости трещины полученной ширины [формула (15)].

Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 5

Глубина скважины $L = 2900$ м.

Давление пластовое $P_{пл} = 19,4$ МПа.

Горизонтальная составляющая горного давления $P_{гг} = 22,62$ МПа.

Забойное давление разрыва $P_p = 61,42$ МПа.

Диаметр по долоту $D = 0,25$ м.

Вскрытая толщина пласта $h = 8$ м.

Модуль упругости пород $E = 2 \cdot 10^{10}$ Па.

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.

Средняя плотность пород над продуктивным горизонтом $\rho_{п} = 2385,2$ кг/м³.

Плотность жидкости разрыва $\rho_{п} = 900$ кг/м³.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{жр} = 0,2$ Па · с.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Объем жидкости разрыва $V_{ж} = 18$ м³.

Объем жидкости-песконосителя $V_{жп} = 18,7$ м³.

Проницаемость призабойной зоны $k = 0,000564$ мкм²

Пористость пласта $m = 22,8$ % от $V_{пор}$.

2.18. Практическое задание 18

2.18.1. Тепловые обработки ПЗС

Литература:

1. Бурже, Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурно, М. Комбарну : пер. с фр. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.
2. Горбунов, А. Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений / А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1981.
3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.
4. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

Ответить на следующие вопросы:

1. Из каких последовательных этапов состоит операция гидравлического разрыва пласта?
2. Укажите категории рабочих жидкостей ГРП и какие требования к ним предъявляются?
3. Что представляет собой число Рейнольдса и для каких целей оно определяется?
4. В результате каких последовательных этапов ГРП происходят потери давления в трубах?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) определить объем продажной жидкости [формула (17)];
 - б) рассчитать число Рейнольдса [формула (18)];
 - в) определить коэффициент гидравлического сопротивления для ламинарного [формула (19)] и турбулентного [формула (20)] режимов движения;
 - г) определить потери давления на трение в трубах [формула (21)];
 - д) определить давление нагнетания на устье скважины [формула (22)];
 - е) продолжительность гидроразрыва пласта [формула (24)].

Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина б

Глубина скважины $L = 2655$ м.

Внутренний диаметр НКТ $d_{\text{вн}} = 62,0$ мм.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Плотность закачиваемой жидкости $\rho_{п} = 900 \text{ кг/м}^3$.

Диаметр труб $d = 215,0 \text{ мм}$.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{жр} = 0,2 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Давление на забое в конце гидроразрыва $P_p = 58,58 \text{ МПа}$.

Ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Потеря давления на трение $P_{тр} = 34,76 \text{ МПа}$

2.19. Практическое задание 19

2.19.1. Прогрев призабойной зоны паром

Литература:

1. Бурже, Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурно, М. Комбарну : пер. с фр. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.
2. Горбунов, А. Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений / А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1981.
3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.
4. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.19.2. Технология гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Из каких последовательных этапов состоит операция гидравлического разрыва пласта?
2. Укажите категории рабочих жидкостей ГРП и какие требования к ним предъявляются.
3. Что представляет собой число Рейнольдса и для каких целей оно определяется?
4. В результате каких последовательных этапов ГРП происходят потери давления в трубах?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) определить объем продажной жидкости [формула (17)];
 - б) рассчитать число Рейнольдса [формула (18)];
 - в) определить коэффициент гидравлического сопротивления для ламинарного [формула (19)] и турбулентного [формула (20)] режимов движения;

г) определить потери давления на трение в трубах [формула (21)];
д) определить давление нагнетания на устье скважины [формула (22)];

е) продолжительность гидроразрыва пласта [формула (24)].

Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 7

Глубина скважины $L = 2690$ м.

Внутренний диаметр НКТ $d_{\text{вн}} = 62,0$ мм.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Плотность закачиваемой жидкости $\rho_{\text{п}} = 900$ кг/м³.

Диаметр труб $d = 215,0$ мм.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{\text{жр}} = 0,2$ Па · с.

Давление на забое в конце гидроразрыва $P_{\text{р}} = 56,65$ МПа.

Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Потеря давления на трение $P_{\text{тр}} = 38,97$ МПа.

2.20. Практическое задание 20

2.20.1. Пароциклическое воздействие на скважину

Литература:

1. Бурже, Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурно, М. Комбарну : пер. с фр. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.

2. Горбунов, А. Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений / А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1981.

3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

4. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.20.2. Технология гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Из каких последовательных этапов состоит операция гидравлического разрыва пласта?

2. Укажите категории рабочих жидкостей ГРП и какие требования к ним предъявляются.

3. Что представляет собой число Рейнольдса и для каких целей оно определяется?

4. В результате каких последовательных этапов ГРП происходят потери давления в трубах?

5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:

- а) определить объем продажной жидкости [формула (17)];
 - б) рассчитать число Рейнольдса [формула (18)];
 - в) определить коэффициент гидравлического сопротивления для ламинарного [формула (19)] и турбулентного [формула (20)] режимов движения;
 - г) определить потери давления на трение в трубах [формула (21)];
 - д) определить давление нагнетания на устье скважины [формула (22)];
 - е) продолжительность гидроразрыва пласта [формула (24)].
- Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 8

Глубина скважины $L = 2840$ м.

Внутренний диаметр НКТ $d_{\text{вн}} = 62,0$ мм.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Плотность закачиваемой жидкости $\rho_{\text{п}} = 900$ кг/м³.

Диаметр труб $d = 215,0$ мм.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{\text{жр}} = 0,2$ Па · с.

Давление на забое в конце гидроразрыва $P_{\text{р}} = 59,16$ МПа.

Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Потеря давления на трение $P_{\text{тр}} = 37,36$ МПа.

2.21. Практическое задание 21

2.21.1. Вытеснение нефти с применением внутрислоевого горения

Литература:

1. Бурже, Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурно, М. Комбарну : пер. с фр. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.

2. Горбунов, А. Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений / А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1981.

3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.

4. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.21.2. Технология гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Из каких последовательных этапов состоит операция гидравлического разрыва пласта?
2. Укажите категории рабочих жидкостей ГРП и какие требования к ним предъявляются.
3. Что представляет собой число Рейнольдса и для каких целей оно определяется?
4. В результате каких последовательных этапов ГРП происходят потери давления в трубах?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) определить объем продажной жидкости [формула (17)];
 - б) рассчитать число Рейнольдса [формула (18)];
 - в) определить коэффициент гидравлического сопротивления для ламинарного [формула (19)] и турбулентного [формула (20)] режимов движения;
 - г) определить потери давления на трение в трубах [формула (21)];
 - д) определить давление нагнетания на устье скважины [формула (22)];
 - е) продолжительность гидроразрыва пласта [формула (24)].Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 9

Глубина скважины $L = 3202$ м.

Внутренний диаметр НКТ $d_{\text{вн}} = 62,0$ мм.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Плотность закачиваемой жидкости $\rho_{\text{п}} = 900$ кг/м³

Диаметр труб $d = 215,0$ мм.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{\text{жр}} = 0,2$ Па · с.

Давление на забое в конце гидроразрыва $P_{\text{р}} = 51,22$ МПа.

Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Потеря давления на трение $P_{\text{тр}} = 42,40$ МПа.

2.22. Практическое задание 22

2.22.1. Тепловые обработки пластов с помощью термогазокислотного воздействия

Литература:

1. Бурже, Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурно, М. Комбарну : пер. с фр. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.
2. Горбунов, А. Т. Разработка аномальных нефтяных месторождений / А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1981.
3. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.
4. Сургучев, М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985.

2.22.2. Технология гидравлического разрыва пласта

Ответить на следующие вопросы:

1. Из каких последовательных этапов состоит операция гидравлического разрыва пласта?
2. Укажите категории рабочих жидкостей ГРП и какие требования к ним предъявляются.
3. Что представляет собой число Рейнольдса и для каких целей оно определяется?
4. В результате каких последовательных этапов ГРП происходят потери давления в трубах?
5. Исходя из нижеприведенных условий скважины, произвести расчет следующих параметров:
 - а) определить объем продажной жидкости [формула (17)];
 - б) рассчитать число Рейнольдса [формула (18)];
 - в) определить коэффициент гидравлического сопротивления для ламинарного [формула (19)] и турбулентного [формула (20)] режимов движения;
 - г) определить потери давления на трение в трубах [формула (21)];
 - д) определить давление нагнетания на устье скважины [формула (22)];
 - е) продолжительность гидроразрыва пласта [формула (24)].Произвести расчет указанных параметров для следующих условий:

Скважина 10

Глубина скважины $L = 3200$ м.

Внутренний диаметр НКТ $d_{\text{вн}} = 62,0$ мм.

Темп закачки $Q = 1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с.

Плотность закачиваемой жидкости $\rho_{\text{п}} = 900$ кг/м³.

Диаметр труб $d = 215,0$ мм.

Вязкость жидкости разрыва $\mu_{\text{жр}} = 0,2$ Па · с.

Давление на забое в конце гидроразрыва $P_{\text{р}} = 59$ МПа.

Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Потеря давления на трение $P_{\text{тр}} = 42,06$ МПа.

Литература

1. Пуставойтенко, Н. М. Проектирование гидроразрыва пласта / Н. М. Пуставойтенко. – Москва : Недра, 1993.
2. Рабинович, Е. З. Гидравлика / Е. З. Рабинович. – Москва : Недра, 1978. – 304 с.
3. Сулашкин, С. С. Технология бурения геологоразведочных скважин / С. С. Сулашкин. – Москва : Недра, 1973. – 320 с.
4. Усачев, П. М. Гидравлический разрыв пласта / П. М. Усачев. – Москва : Недра, 1986.
5. Бескопильный, В. Н. Учебное пособие по курсу «Физика пласта» / В. Н. Бескопильный. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 1999. – 128 с.
6. Гиматудинов, Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта: учебник / Ш. К. Гиматудинов. – Москва : Недра, 1971. – 312 с.

Содержание

1. Гидравлический разрыв пласта.....	5
1.1. Теоретические основы метода.....	5
1.2. Создание оптимальной технологии ГРП.....	8
1.3. Расчет и выбор основных показателей гидроразрыва пласта.....	8
2. Практические задания для выполнения контрольной работы.....	21
2.1. Практическое задание 1	21
2.2. Практическое задание 2	22
2.3. Практическое задание 3	23
2.4. Практическое задание 4	23
2.5. Практическое задание 5	24
2.6. Практическое задание 6	25
2.7. Практическое задание 7	25
2.8. Практическое задание 8	26
2.9. Практическое задание 9	27
2.10. Практическое задание 10	28
2.11. Практическое задание 11	28
2.12. Практическое задание 12	29
2.13. Практическое задание 13	30
2.14. Практическое задание 14	31
2.15. Практическое задание 15	32
2.16. Практическое задание 16	34
2.17. Практическое задание 17	35
2.18. Практическое задание 18	37
2.19. Практическое задание 19	38
2.20. Практическое задание 20	39
2.21. Практическое задание 21	40
2.22. Практическое задание 22	42
Литература	45

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Махнач Татьяна Анатольевна

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕГАЗООТДАЧИ ПЛАСТОВ

**Методические указания
к контрольным работам
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-51 02 02
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *М. В. Аникеенко*
Компьютерная верстка *Е. В. Темная*

Подписано в печать 11.05.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,31.
Изд. № 71.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.