



Экспериментальные исследования по закреплению проппанта в трещинах ГРП

EXPERIMENTAL RESEARCHES ON PROPANT FASTENING IN FISSURES OF GRP

S. DEMICHEV, O. OTRADNIKH, S. DEMICHEV, NPF Geoterm OOO
N. MOGUTOV, TKRS Yuganskneftegas
I. KLESHCHENKO, A. KHAYRULLIN, TYUMEN GNGU

Article considers the question of propant fastening in the fissures of GRP. The complex fastening composition is developed and offered to research on the basis of pitch «Geoterm-001» with account of termobar conditions of oil and gas deposits.

В составе технологических жидкостей ГРП применяются композиции, уменьшающие высокие гидродинамические сопротивления в зоне между скважиной и трещиной ГРП и способствующие абразивной обработке стенок трещины. Тем не менее известно, что более чем на половине эксплуатационных скважин с трещинами ГРП наблюдается вынос проппанта в ствол скважины, что существенно снижает добычные возможности продуктивных объектов [1].

Нами осуществлена разработка рецептов и технологий проведения экспериментальных лабораторных исследований по закреплению проппанта в трещине ГРП. При этом использовались (учитывались) технологии и результаты работ по ограничению выноса (закреплению) песка на Барсуковском, Комсомольском и Верхнепурпейском месторождениях ОАО «НК «Роснефть», а также Федоровском месторождении ОАО «Сургутнефтегаз», которые, совместно с ООО НПФ «Геотерм», ведутся с 2000 г.

Экспериментальные лабораторные исследования выполнялись в лаборатории физики пласта ТюмГНГУ.

Суть исследований заключалась в зачке в трещину ГРП специально разработанных композиций – технологических жидкостей на основе смолы «Геотерм-001», порообразователя, отвердителя «Геотерм-101» и модифицированного доотмывающего раствора (МДР), увеличивающего проницаемость и проводимость трещины ГРП.

В работе [2] приводятся данные о глубоком проникновении проппанта в трещину, но при этом также отмечается явление закрытия трещин в прискважинной зоне.

Наиболее объективными комплексными параметрами, характеризующими эффективность ГРП, являются продолжитель-

ность эффекта от ГРП и дополнительная добыча нефти. При этом не наблюдается тесной связи между величиной начального дебита после ГРП и накопленной добычей, т. е. эффективность ГРП в значительной степени определяется условиями закрепления проппанта в трещине и параметрами трещины.

При проведении лабораторных исследований необходимо учитывать основные технологические процессы проведения промысловых работ и в зависимости от полученных результатов опытов, некоторые пункты корректировать или совсем не проводить.

Экспериментальные лабораторные исследования велись по следующей схеме в условиях, приближенных к термобарическим пластовым:

- определение исходной проницаемости проппантовой пачки по керосину;
- нагнетание жидкости ГРП в проппантовую пачку;
- промывка проппантовой пачки с жидкостью ГРП рабочим раствором (ацетон или ШФЛУ);
- нагнетание комплексного крепящего состава (смола + порообразователь + отвердитель) в проппантовую пачку;
- выдержка проппантовой пачки с комплексным крепящим составом в течение 24 ч;
- определение проницаемости проппантовой пачки по керосину и степени снижения проницаемости;
- воздействие на проппантовую пачку модифицированным доотмывающим раствором (торфяная вытяжка) для восстановления (увеличения) проницаемости;
- определение проницаемости проппантовой пачки по керосину после воздействия МДР;

С.С. ДЕМИЧЕВ,
к.г.-м.н., генеральный директор,

О.Г. ОТРАДНЫХ,
главный инженер,

С.С. ДЕМИЧЕВ,
главный геолог

ООО НПФ «Геотерм»

Н.А. МОГУТОВ,
начальник сектора ТКРС

«РН-Юганскнефтегаз»

И.И. КЛЕЩЕНКО,
д.г.-м.н., профессор кафедры
«Ремонт и восстановление скважин,

А.А. ХАЙРУЛЛИН,
к.ф.-м.н., заведующий
лабораторией физики пласта,
Тюменский государственный
нефтегазовый университет

Эффективность различных технологий гидравлического разрыва пласта (ГРП) в большой степени определяется качеством закрепления трещин проппантом и проводимостью трещин. Для этих целей используются технологии ГРП с обратным оттоком, применением кислотных составов, созданием «гидравлического клина», концевым экранированием трещин и др.

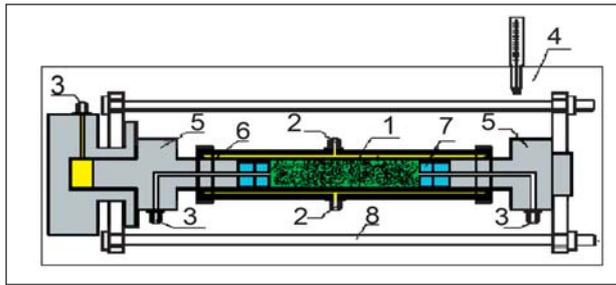


Рис. 1. Схема кернодержателя

1 – пропантовая пачка, 5 – плунжеры, 2 – боковой гидрообжим, 6 – резиновая манжета, 3 – торцевой гидрообжим, 7 – текстолитовые прокладки, 4 – термошкاف 8 – хомут.

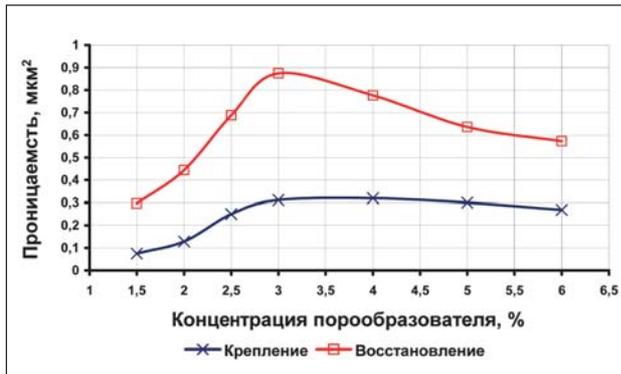


Рис. 2. Графики изменения проницаемости пропантовой пачки после крепления смолой «Геотерм-001» (крепление) и обработки МДР (восстановление) при различной концентрации порообразователя

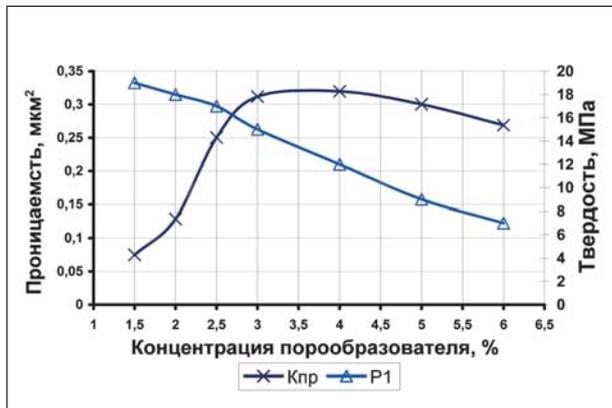


Рис. 3. Графики изменения проницаемости и твердости пропантовой пачки после крепления смолой «Геотерм-001» и обработки МДР при различной концентрации порообразователя

- определение коэффициента увеличения проницаемости.

При проведении экспериментальных лабораторных исследований использовались установка УИПК-1М и специальный кернодержатель, конструкции ООО «ТюменНИИгипрогаз», схематично представленный на рис. 1 [3].

Модель трещины имитировалась трубкой из нержавеющей стали диаметром 27 мм и длиной 188 мм, закрываемой с торцов специальными распределительными устройствами для предотвращения уноса проппанта и равномерного распределения потока фильтруемой жидкости.

В качестве фильтрующей жидкости использовался керосин. Количество загружаемого проппанта бралось исходя из плотного заполнения модели трещины. Создавались торцевой и боковой гидрообжимы. Фильтрация жидкости проводилась при перепаде давления 0,02 МПа. Расчет про-

ницаемости осуществлялся при установившемся режиме расхода.

Предварительно исследовалось влияние жидкости ГРП на исходную проницаемость пропантовой пачки, имитирующей закрепленную трещину в пласте. Жидкость ГРП (гель) на водной основе готовилась по технологии, широко используемой на предприятиях нефтедобычи Западно-Сибирского региона.

При определении проницаемости пропантовой пачки применялись небольшие градиенты давления и малые расходы жидкости с последующим усреднением значений проницаемости. В экспериментах использовались проппанты Боровичского комбината огнеупоров (БКО) с размерами зерен 20/40, 16/30 и 12/20 меш.

Исходная проницаемость пропантовых пачек по керосину перед закачкой в них жидкости ГРП во всех 49 экспериментах (7 образцов по 7 опытов с каждым) составляла примерно 300 мкм².

Проницаемость по керосину после закачки в пропантовые пачки жидкости ГРП составляла во всех опытах в среднем 150 мкм², т. е. уменьшилась в два раза.

Полученные значения проницаемости пропантовых пачек после прокачки жидкости ГРП принимались за исходные проницаемости до воздействия различными технологическими жидкостями и использовались в дальнейших исследованиях.

Проницаемость по керосину после закачки в пропантовые пачки жидкости ГРП, ацетона или ШЛФУ, смолы «Геотерм-001», порообразователя и отвердителя «Геотерм-101» значительно уменьшилась (в десяти экспериментах она составила менее 10 мкм² × 10⁻³). Средняя проницаемость по 49 экспериментам после прокачки жидкости ГРП и вышеуказанной комплексной крепящей композиции составила 103 мкм² × 10⁻³.

После обработки пропантовых пачек модифицированным доотмывающим раствором на основе торфяной вытяжки средняя проницаемость по 49 экспериментам составила 400 мкм² × 10⁻³, т. е. увеличилась примерно в четыре раза, максимальная – 874,4 мкм² × 10⁻³.

Результаты некоторых экспериментов, имитирующих проведение ГРП с одновременным закреплением проппанта, восстановлением (увеличением) проницаемости пропантовой пачки (обработка ацетоном или ШЛФУ, ввод порообразователя, отвердителя, обработка водным раствором торфяной вытяжки) представлены в табл. 1 и на рис. 2,3.

На рис. 2 приведены графики изменения проницаемости пропантовой пачки по семи образцам с начальной проницаемостью, полученной после прокачки через них жидкости ГРП, ацетона, комплексной крепящей композиции на основе смолы «Геотерм-001» с различным содержанием порообразователя, и последующей обработки водным раствором МДР на основе торфяной вытяжки при температуре 24°C.

На рис. 3 приведены графики изменения проницаемости (1) и твердости (2) пропантовой пачки по семи образцам с начальной проницаемостью, полученной после прокачки через них жидкости ГРП, ацетона, комплексной крепящей композиции на основе смолы «Геотерм-001» с различным содержанием порообразователя и последующей обработки водным раствором МДР на основе торфяной вытяжки при температуре +24°C.

По результатам экспериментальных лабораторных исследований были обоснованы концентрации компонентов и разработана комплексная крепящая композиция для проведения работ по закреплению проппантов в трещинах ГРП и восстановлению (увеличению) проницаемости трещины после закрепления в ней проппанта.

Исследования показали, что проппант закрепляется достаточно прочно, проницаемость увеличивается с ростом

Табл. 1. Изменение проницаемости проппантовой пачки, обработанной жидкостью ГРП и комплексной крепящей композицией на основе смолы «Геотерм-001» после воздействия модифицированным доотмывающим раствором

№ опыта	Состав крепящей композиции и последовательность закачки	Время реакции, ч	Проницаемость $\text{мкм}^2 \times 10^{-3}$	Твердость, МПа	Примечание
1	а) жидкость ГРП, ацетон, смола, порообразователь, отвердитель	24	250,2	17,0	Порообразователь - 1,5% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +24°C
	б) модифицированный доотмывающий водяной раствор (МДР) на основе торфяной вытяжки	24	687,5	16,0	
2	а) - // -	24	311,8	15,0	Порообразователь - 3,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +24°C
	б) - // -	24	874,4	14,0	
3	а) - // -	24	319,7	12,0	Порообразователь - 4,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +24°C
	б) - // -	24	776,2	10,0	
4	а) - // -	24	13,7	21,0	Порообразователь - 1,5% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +45°C
	б) - // -	24	391,0	19,0	
5	а) - // -	24	400,2	20,0	Порообразователь - 4,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +45°C
	б) - // -	24	850,0	18,0	
6	а) - // -	24	76,4	15,0	Порообразователь - 6,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +70°C
	б) - // -	24	250,6	14,0	
7	а) - // -	24	67,9	6,0	Порообразователь - 7,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +70°C
	б) - // -	24	158,3	5,0	
8	а) жидкость ГРП, ШФЛУ, смола порообразователь, отвердитель	24	74,8	19,0	Порообразователь - 1,5% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +24°C
	б) модифицированный доотмывающий водный раствор (МДР) на основе торфяной вытяжки	24	296,3	18,0	
9	а) - // -	24	128,6	18,0	Порообразователь - 2,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +24°C
	б) - // -	24	443,7	17,0	
10	а) - // -	24	93,0	24,0	Порообразователь - 3,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +92°C
	б) - // -	24	521,6	23,0	
11	а) - // -	24	8,3	9,0	Порообразователь - 5,0% вес. от «смола+отвердитель». Температура опыта +92°C
	б) - // -	24	274,8	7,0	

концентрации порообразователя (концентрация в 7,0% порообразователя является критической, образец крепится недостаточно прочно, а концентрация порообразователя в 3–6% будет оптимальной).

Обработка проппантовой пачки с жидкостью ГРП рабочим раствором – ацетоном или ШФЛУ, а после крепления – моющим водным раствором из торфяной вытяжки увеличивает проницаемость проппантовой пачки максимально до $874,4 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$ при твердости проппантовой пачки от 9,0 до 25,0 МПа.

Суть предлагаемой разработки в промысловых условиях будет заключаться в закачке в трещины ГРП смолы «Геотерм-001», порообразователя, отвердителя «Геотерм-101» и технологических жидкостей, увеличивающих проницаемость (проводимость) трещин ГРП после закрепления в них проппанта.

Литература

1. А.Г. Малышев, В.П. Сонич., В.Ф. Седач, Л.М. Кочетков. Состояние и совершенствование работ по проведению гидроразрыва пластов на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» // М., Нефтяное хозяйство. №2., 2004.
2. В.И. Некрасов, А.В. Глебов, Р.Г. Ширгазин, В.В. Вахрушев. Гидроразрыв пласта: внедрения и результаты, проблемы и решения // Лангепас-Тюмень, ГУП Информационно-издательский центр ГНИ по РБ. 2001. 240 с.
3. В.В. Паникаровский, Е.В. Паникаровский. Определение проницаемости и пористости расклинивающих материалов // Актуальные проблемы строительства и эксплуатации газовых скважин, промыслового обустройства месторождений и транспорта газа – Сб. науч. тр./ООО «ТюменНИИгипрогаз» // Недра. 2002. С. 66 – 77.