



УДК 622.276.66

О ПРОЦЕССЕ ОБРАТНОГО ВЫНОСА ПРОПАНТА ПРИ ГРП

ON THE PROCESS OF PROPPANT FLOWBACK DURING HYDRAULIC FRACTURING

Стасенко Александр Александрович

аспирант,
Северо-Кавказский федеральный университет
stasenko.alexandr.2016@gmail.com

Верисокин Александр Евгеньевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных и газовых месторождений,
Северо-Кавказский федеральный университет
verisokin.alexandr@mail.ru

Ахмедов Курбан Сапизуллаевич

доктор технических наук,
профессор базовой кафедры капитального ремонта
на фонде скважин месторождений и ПХГ
факультета нефтегазовой инженерии,
Северо-Кавказский федеральный университет
kurban2000@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматриваются разновидности пропанта, используемые при гидравлическом разрыве пласта (ГРП), некоторые причины обратного выноса пропанта из пласта и способы его удержания в целевом объекте. Рассмотрен опыт применения гидравлического разрыва пласта на месторождениях Западной Сибири, а также Северного Кавказа.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, пропант, скважина, нефть, газ, трудноизвлекаемые запасы, дебит, обратный вынос пропанта.

Stasenko Alexander Alexandrovich

Postgraduate Student,
North Caucasus Federal University
stasenko.alexandr.2016@gmail.com

Verisokin Alexander Evgenyevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
of the Department of Oil
and Gas Field Development and Exploitation,
North Caucasus Federal University
verisokin.alexandr@mail.ru

Akhmedov Kurban Sapizhullaevich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Basic Department
of Workover at the Wells of Fields and UGS
Facilities of the Faculty
of Petroleum Engineering,
North Caucasus Federal University
kurban2000@mail.ru

Annotation. This paper discusses the varieties of proppant used in hydraulic fracturing, some causes of proppant flowback from the reservoir and methods of its retention in the target formation. The experience of hydraulic fracturing application in the fields of Western Siberia and the North Caucasus is considered.

Keywords: hydraulic fracturing, proppant, well, oil, gas, hard-to-recover reserves, flow rate, proppant flowback.

Основные сведения о процессе гидравлического разрыва пласта

Гидравлический разрыв пласта является одним из наиболее эффективных методов увеличения добычи углеводородов, особенно в условиях истощения традиционных месторождений и разработки трудноизвлекаемых запасов [8]. ГРП позволяет создавать высокопроводимые трещины в пласте, которые заполняются пропантом – гранулированным материалом, удерживающим трещину открытой [3]. Однако одной из основных проблем при ГРП является обратный вынос пропанта, который снижает эффективность метода, приводит к повреждению оборудования и увеличивает затраты на эксплуатацию.

ГРП проводится путём закачки жидкости под высоким давлением в пласт, что приводит к образованию трещин. Для закрепления трещин используется пропант, который предотвращает их смыкание после снижения давления. Пропант обеспечивает высокую проницаемость трещин, что позволяет углеводородам свободно поступать в скважину [7].

При проведении гидроразрыва пласта можно выделить пять основных этапов, которые обеспечивают эффективное проведение ГРП и достижение поставленных технологических целей:

1) опрессовка линии высокого давления: данная линия опрессовывается под высоким давлением, после чего производится калибровка предохранительного клапана;

2) мини-ГРП: в пласт закачивается небольшой объем жидкости разрыва (около 10–12 м³) под высоким давлением. Затем скважина закрывается на устье, и отслеживается изменение давления. На основе полученных данных определяются эффективность жидкости разрыва, механические свойства породы и корректируются технологические параметры основного ГРП (давление, расходы, концентрации);

3) создание трещины: расход жидкости поддерживается на уровне 5–6 м³/мин для формирования трещины в пласте;



4) закрепление трещины: в жидкость разрыва добавляется пропант, который закрепляет трещину и предотвращает ее смыкание;

5) подача продавочной жидкости: после завершения закачки пропанта в скважину подается продавочная жидкость, которая вытесняет жидкость разрыва и пропант в пласт.

ГРП применяется как в вертикальных, так и в горизонтальных скважинах, что расширяет возможности его использования [1]. Эффективность ГРП подтверждается увеличением дебита скважин в несколько раз и продолжительностью эффекта от 5 месяцев до 2 лет.

Пропанты, применяемые при ГРП, различаются по материалу, размеру, форме и прочности [2].

Основные типы:

– природный кварцевый песок используется на глубинах до 3000 м, обладает высокой механической прочностью и проницаемостью, но менее устойчив на больших глубинах. Кварцевый песок применяется в пластах с напряжением сжатия до 40 МПа;

– синтетические пропанты: бокситовые пропанты (HSP, ISP, UHSP) обладают повышенной прочностью, применяются на глубинах более 3500 м. Эти пропанты изготавливаются из бокситовой руды и характеризуются высокой устойчивостью к давлению;

– пропант с полимерным покрытием (RCP): частицы пропанта покрыты смолами, которые спекаются при определённых условиях (давлении, температуре), предотвращая вынос пропанта из трещины. RCP-пропант особенно эффективен в условиях высоких температур и давлений.

Анализ проблемы обратного выноса пропанта при ГРП и его влияние на эксплуатацию скважин с электроцентробежными насосами (ЭЦН)

Обратный вынос пропанта – это процесс вымывания частиц пропанта из трещины вместе с добываемым флюидом. Это явление снижает эффективность ГРП, так как уменьшает проницаемость трещин и приводит к повреждению оборудования, особенно электроцентробежных насосов [4].

Основные причины обратного выноса:

– неустойчивость пропантной пачки, вследствие чего пропант может перемещаться вместе с потоком пластового флюида;

– недостаточное время выдержки скважины под давлением: после ГРП скважину необходимо оставлять под давлением на несколько суток для закрепления пропанта в продуктивном пласте;

– несоответствие размеров частиц пропанта и ширины трещины: ширина трещины должна превышать средний диаметр частиц пропанта в 6 раз для обеспечения устойчивости пропантной пачки.

Обратный вынос пропанта особенно негативно сказывается на скважинах, эксплуатируемых с помощью электроцентробежных насосов. Вынос пропанта приводит к засорению насосно-компрессорных труб (НКТ), насосов и их выходу из строя, что увеличивает затраты на ремонт и снижает добычу углеводородов. В России значительная часть нефтедобывающих скважин оснащена ЭЦН, которые после проведения гидроразрыва пласта быстро засоряются пропантом и выходят из строя (это явление известно как «клин ЭЦН») (рис. 1). По этой причине специалисты нефтедобывающей отрасли часто называют «насосом-жертвой» первый насос, устанавливаемый в скважине после ГРП.



Рисунок 1 – Обратный вынос пропанта



Современные технологии и методы предотвращения обратного выноса пропанта при гидроразрыве пласта: анализ и рекомендации

Для предотвращения обратного выноса пропанта применяются следующие методы:

- контролируемая разрядка скважины – постепенное снижение давления после ГРП для стабилизации пропантной пачки. Это позволяет избежать резких изменений в пласте и снизить риск выноса пропанта;
- использование RCP-пропанта с полимерным покрытием: частицы пропанта склеиваются при определённых температуре и давлении, что предотвращает их вынос [5]. Однако для эффективного использования RCP необходимо соблюдать технологические требования, включая время выдержки (72–96 часов);
- выдержка скважины под давлением: после завершения ГРП скважину оставляют под давлением на несколько суток для закрепления пропанта, что позволяет снизить интенсивность обратного выноса;
- оптимальный подбор фракции (размеров частиц) пропанта и ширины трещины: ширина трещины должна превышать средний диаметр частиц пропанта в 6 раз для обеспечения устойчивости пропантной пачки.

На месторождениях Западной Сибири и Северного Кавказа ГРП активно применяется для увеличения добычи углеводородов. Наиболее эффективным оказалось использование пропанта с полимерным покрытием, который снижает риск обратного выноса и повышает стабильность работы скважин. Однако для успешного применения RCP необходимо учитывать температурные условия пласта и время выдержки.

На месторождениях Северного Кавказа за период с 2012 по 2018 год было проведено 125 операций ГРП, причём с каждым годом их количество увеличивалось (рис. 2). Наибольшее распространение получило использование RCP-пропанта, что позволило снизить вероятность обратного выноса и увеличить количество скважин-кандидатов на ГРП.

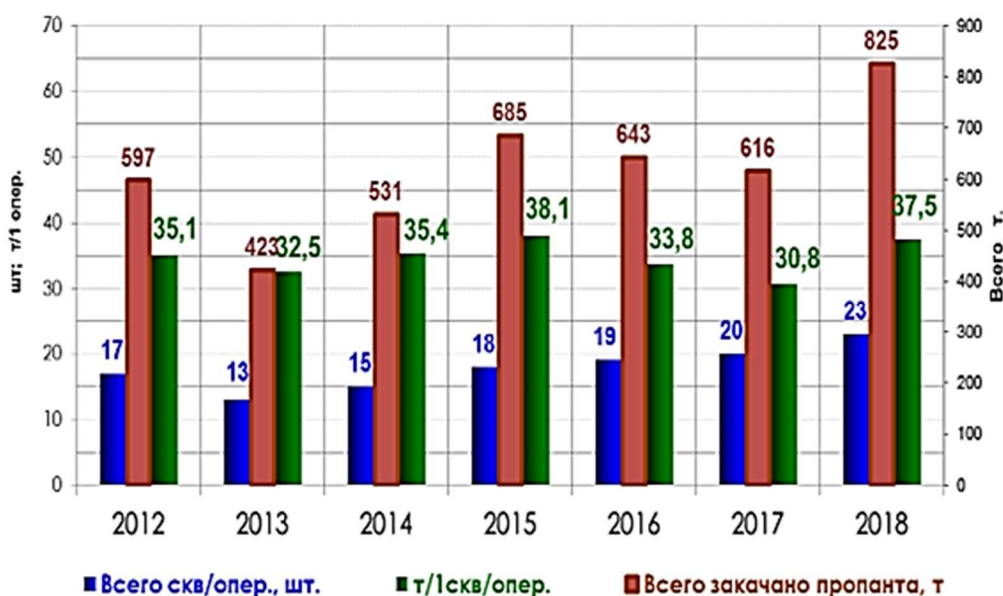


Рисунок 2 – Динамика показателей ГРП, выполненных на месторождениях Северного Кавказа в период 2012-2018 гг

На основании анализа проблемы обратного выноса пропанта можно сделать следующие рекомендации для оптимизации процесса ГРП:

- контролируемая разрядка скважины [6]: постепенное снижение давления после ГРП позволяет минимизировать риск обратного выноса;
- использование RCP-пропанта эффективно снижает вынос пропанта, но требует соблюдения технологических требований, включая время выдержки и температуру для спекания гранул;
- выдержка скважины под давлением: 72–96 часовая простоя скважины после ГРП позволяет закрепить пропант и снизить риск повреждения оборудования;
- индивидуальный подход: выбор технологий и методов предотвращения выноса пропанта должен основываться на конкретных условиях эксплуатации скважины, включая свойства пласта, параметры сформированной трещины и характеристики используемого пропанта.



Таким образом, обратный вынос пропанта является одной из основных проблем при проведении ГРП. Для его предотвращения необходимо соблюдать технологические требования, использовать современные материалы (например, РСР-пропант) и применять индивидуальный подход к каждому случаю. Соблюдение этих условий позволяет повысить эффективность ГРП, снизить затраты на эксплуатацию и обеспечить стабильную добычу углеводородов.

Список литературы:

1. Васильев В.А. Гидроразрыв пласта в горизонтальных скважинах / В.А. Васильев, А.Е. Верисокин // Недропользование. – 2013. – № 6. – С. 101–110.
2. Волохин А.В. Ведение процесса гидроразрыва пласта и гидropескоструйной перфорации: учебное издание / А.В. Волохин, В.Г. Ладягин, В.А. Волохин. – М. : Академия. – 2017. – 192 с.
3. Желтов Ю.П. О гидравлическом разрыве нефтеносного пласта / Ю.П. Желтов, С.А. Христианович // Известия АН СССР. Отделение технических наук. – 1955. – № 5. – С. 3–41.
4. Кейбал А.В. О причинах обратного выноса пропанта в ствол скважины после гидроразрыва продуктивного пласта / А.В. Кейбал, А.А. Кейбал // Бурение и нефть. – 2009. – № 11. – С. 48–52.
5. Осмоленные пропанты / А.В. Можжерин [и др.] // Бурение и нефть. – 2018. – № 9. – С. 46–51.
6. Телков В.П. Современное состояние и перспективы развития методов борьбы с выносом пропанта после гидравлического разрыва пласта // Сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции «Наука и технологии в нефтегазовом деле». – Краснодар : ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2018. – С. 114–116.
7. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта : от теории к практике / М. Экономидес [и др.]; Под ред. А.Г. Загуренко; пПер. с англ. И.И. Вафин [и др.]. – Ижевск : Ин-т компьютерных исследований. – 2007. – 234 с.
8. Яркеева Н.Р. Применение гидроразрыва пласта для интенсификации притока нефти в скважинах / Н.Р. Яркеева, А.М. Хазиев // Нефтегазовое дело. – 2018. – № 5. – С. 30–36.

List of references:

1. Vasiliev V.A. Hydraulic fracturing in horizontal wells / V.A. Vasiliev, A.E. Verisokin // Subsoil use. – 2013. – № 6. – P. 101–110.
2. Volokhin A.B. Conducting the process of hydraulic fracturing and sand jet perforation: a training edition / A.V. Volokhin, V.G. Ladyagin, V.A. Volokhin. – M. : Academy. – 2017. – 192 p.
3. Zheltov Y.P. About hydraulic fracturing of oil-bearing formation / Y.P. Zheltov, S.A. Khristianovich // Izvestiya AS USSR. Branch of Technical Sciences. – 1955. – № 5. – P. 3–41.
4. Keibal A.V. About the reasons of proppant backflow into the wellbore after hydraulic fracturing of the pay zone / A.V. Keibal, A.A. Keibal // Drilling and Oil. – 2009. – № 11. – P. 48–52.
5. Osmolized proppants / A.V. Mozhzherin [et al.] // Drilling and Oil. – 2018. – № 9. – P. 46–51.
6. Telkov V.P. Current state and prospects of development of methods to combat proppant removal after hydraulic fracturing // Collection of abstracts of reports of the International Scientific and Practical Conference «Science and technology in oil and gas business». – Krasnodar : FGBOU VO «KubGTU», 2018. – P. 114–116.
7. Economides, M. Unified design of hydraulic fracturing : from theory to practice / M. Economides [et al.]; ed. by A.G. Zagurenko ; translated from English by I.I. Vafin [et al.]. – Izhevsk : Institute of Computer Research. – 2007. – 234 p.
8. Yarkееva N.R. Application of hydraulic fracturing to intensify oil flow in wells / N.R. Yarkееva, A.M. Khaziev // Oil and Gas Business. – 2018. – № 5. – P. 30–36.