

## Новый метод снижения обратного выноса проппанта из трещины в скважину после проведения гидроразрыва пласта

А.Е. Верисокин\*, Л.Г. Жулина\*\*

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

E-mail: \*verisokin.aleksandr@mail.ru., \*\*zhulina-19980530@mail.ru

**Аннотация:** В статье представлено инновационное решение проблемы выноса проппанта из трещин гидроразрыва в ствол скважины. Данная проблема возникает вследствие неправильного выбора способа освоения скважины и материала для заполнения созданной трещины.

Проанализированы негативные последствия самопроизвольного выхода закрепляющего агента в скважину и существующие способы удержания наполнителя. В лабораторных условиях подтверждено влияние выбора вида используемого проппанта на проводимость трещины гидроразрыва пласта.

В результате исследования разработан новый вид проппанта, материал которого является интерметаллидом. Его преимущества обоснованы химическим составом и механическими свойствами. Основная роль предлагаемого проппанта заключается в формировании блокирующего экрана, не пропускающего обратный вынос наполнителя, удерживающего трещину от самопроизвольного закрытия. Проводимость трещины не ухудшается.

**Ключевые слова:** гидроразрыв пласта, проппант, трещина, обратный вынос, скважина.

**Для цитирования:** Верисокин А.Е., Жулина Л.Г. Новый метод снижения обратного выноса проппанта из трещины в скважину после проведения гидроразрыва пласта // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 4(27). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art17>

Накопленный в последние десятилетия опыт разработки месторождений углеводородов, показал высокую эффективность гидравлического разрыва пласта (ГРП), В настоящее время ГРП является самым востребованным и широко применяемым методом интенсификации притока нефти и газа, позволяющим ввести в эксплуатацию нерентабельные ранее запасы и увеличить не только темпы выработки, но и конечную нефтеотдачу низкопроницаемых пластов [1].

Процесс проведения гидравлического разрыва пласта осуществляется посредством воздействия на пласт высокого давления. В результате в пласте создается система трещин, в которую транспортируется зернистый материал (проппант), закрепляющий трещины в раскрытом состоянии после снятия избыточного давления.

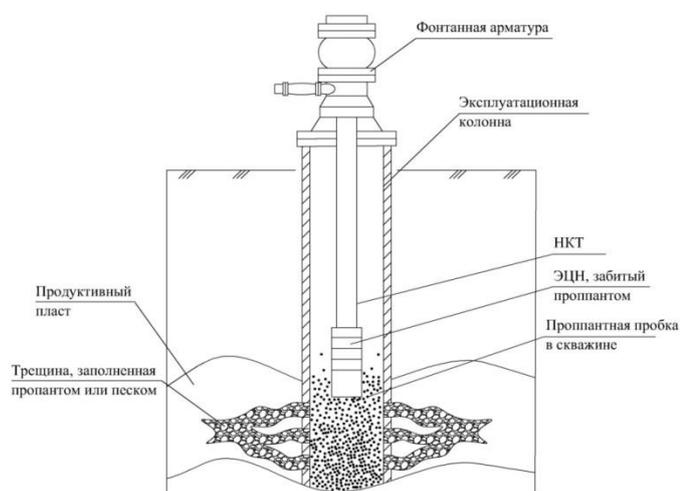
При освоении скважины после ГРП возможны случаи выноса проппанта из трещины гидроразрыва, что является важной проблемой. Проппант накапливается в стволе скважины. Неправильный выбор способа освоения скважины приводит к выносу наполнителя из трещины.

Как отмечалось в работе [2], по мере снижения начального пластового давления в продуктивных пластах растет эффективное напряжение. Это приводит к деформации (сжатию) скелета горных пород отдающих пластов, в результате чего опускается вся толща горных пород выше продуктивной залежи. Во время проведения ГРП создается значительная репрессия, пласт деформируется (сдвигается). Перераспределение напряжений при проведении гидроразрыва пласта также влияет на вынос проппанта из трещины.

Зачастую наблюдается самопроизвольный выход проппанта из созданной трещины ГРП за пределы продуктивного пласта (в водонасыщенные горизонты) относительно заранее проведенного дизайна гидроразрыва пласта [3].

Обратный вынос проппанта из трещины в скважину приводит к уменьшению ее проводящей ширины в результате снижения эффекта расклинивания, вплоть до ее полного схлопывания.

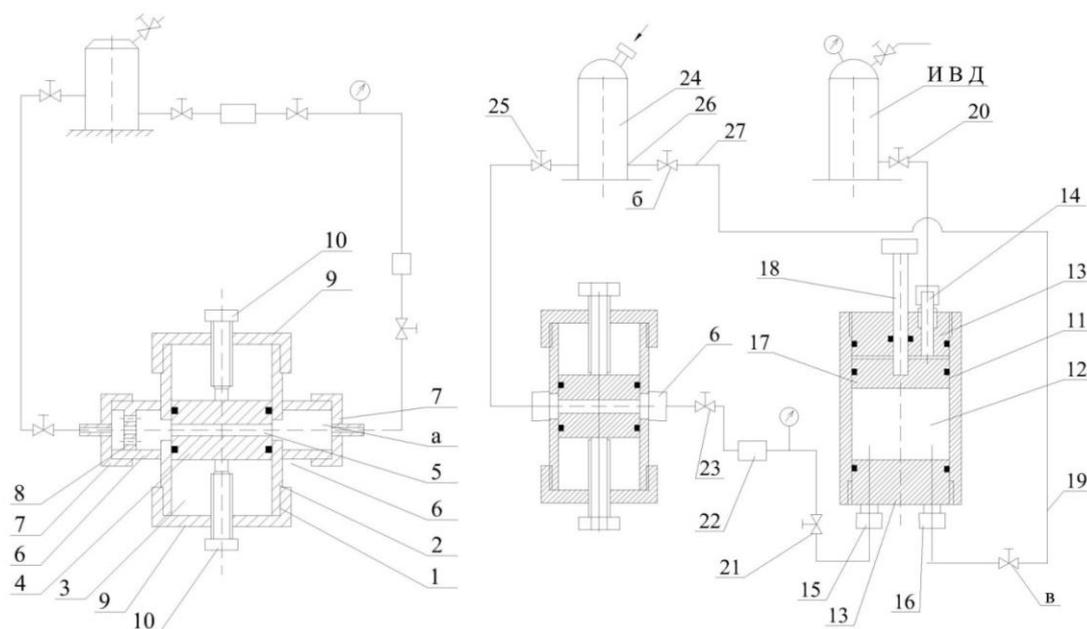
Вследствие выноса наполнителя трещины снижается потенциально высокий дебит скважины, а на забое образуются проппантные пробки, что требует дополнительных промывок скважины. Также снижается межремонтный период работы электроцентробежного насоса (ЭЦН) (рис. 1).



**Рис. 1.** Негативные последствия выноса проппанта из трещины ГРП в скважину

Анализ существующих решений показал, что проблема закрепления и удержания проппанта в трещине в настоящее время полностью не решена [4].

Актуальность проблемы выноса проппанта была исследована на лабораторном стенде (рис. 2).



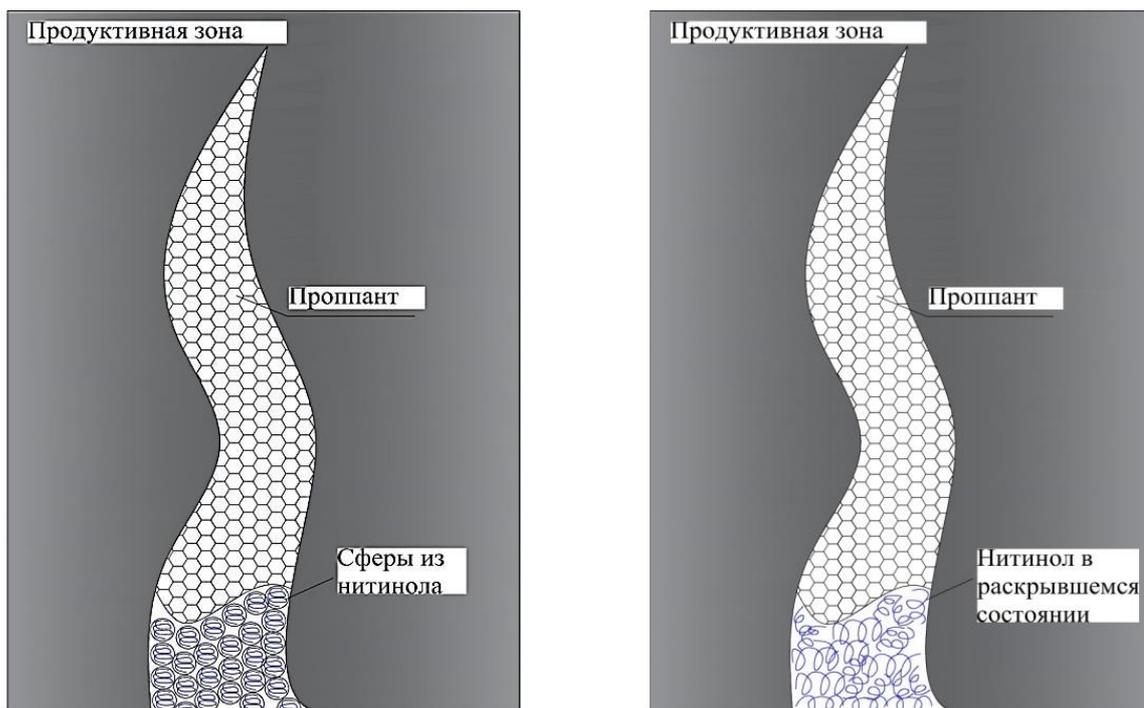
1 – корпус; 2 – цилиндр; 3 – осевой канал; 4 – два поршня; 5 – зазор; 6 – патрубки; 7 – накидные гайки; 8 – фильтр; 9 – крышки; 10 – регулировочные винты; 11 – гидроцилиндр; 12 – камера; 13 – крышки; 14, 15, 16 – штуцеры; 17 – силовой поршень; 18 – шток; 19 – шланг; 20 – трехходовый вентиль; 21 – вентиль; 22 – регулятор расхода; 23, 24, 25 – вентили; 26 – выходной патрубков; 27 – шланг высокого давления

**Рис. 2.** Механизм обвязки и силовой привод стенда

На установке были проведены эксперименты, которые показали, что при неправильном подборе наполнителя трещины снижается проницаемость и проводимость упаковки из-за изменения высоты слоя проппанта и уменьшения числа фильтрующихся пор. Подробное описание лабораторного стенда представлено в работе [5].

В связи с наличием актуальной проблемы для крепления трещины гидроразрыва пласта был разработан новый проппант, выполненный из нитиноловых пружин. На первом этапе ГРП подают керамический проппант или песок. На завершающей стадии крепления трещины предлагается производить закачку нитиноловых пружин. Нитинол – это сплав титана и никеля в пропорции 45 на 55%, обладающий высокой коррозионной и эррозионной стойкостью. Необычным свойством является то, что данный сплав обладает эффектом памяти. Если деталь нагреть до красного каления, то она запомнит эту форму (после остывания до комнатной температуры деталь можно деформировать, но при нагреве она восстановит свою первоначальную форму). Диапазон температуры срабатывания зависит от химического состава сплава и может быть изменен в

зависимости от необходимых показателей. Форму элемента можно задавать в лабораторных условиях с использованием рекомендуемых термообработок. Такое поведение связано с тем, что рассматриваемый материал является интерметаллидом и при закалке взаимное расположение атомов упорядочивается, что приводит к запоминанию формы. Сверхупругость проявляется во время перехода при нагревании из одного структурного внутреннего состояния в другое. При достижении значения фазового превращения сплав, как пружина, принимает первоначальный вид. Перед закачкой пружин в трещину ГРП их спрессовывают, далее закачивают в трещину. Попадая в высокотемпературную среду (температура срабатывания восстановления формы), пружины раскрываются. Происходит изменение формы и размера с полным перекрытием сечения трещины. Тем самым создается высокопроницаемый экран из пружинок, играющий роль фильтра и предотвращающий обратный вынос проппанта из трещины в скважину (рис. 3).



а – гранула проппанта из материала «нитинол» в трещине гидроразрыва пласта в нераскрытом состоянии

б – проппант из материала «нитинол» в трещине гидроразрыва пласта в раскрытом состоянии после воздействия высокой температуры

**Рис. 3.** Крепление трещины гидравлического разрыва пласта с использованием материала «нитинол»

### Выводы

Применение описываемого способа на практике позволит сформировать пространственный каркас для удержания трещины в раскрытом состоянии.

Это позволит снизить обратный вынос проппанта и увеличить проводимость трещины гидроразрыва пласта.

### Литература

1. *Верисокин А.Е., Зиновьева Л.М.* Особенности технологии промывки и освоения горизонтальных скважин после селективного гидроразрыва пласта на месторождениях Западной Сибири // Наука. Инновации. Технологии. 2015. № 3. С. 79–90.
2. *Верисокин А.Е., Марьевский А.Д., Граб А.Н., Сериков Д.Ю.* Влияние деформаций породы, возникающих при проведении гидроразрыва пласта, на прочность коллектора // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2018. № 7. С. 35–38. <https://doi.org/10.30713/0130-3872-2018-7-35-38>
3. *Асланян И.Ю., Минахметова Р.Н., Трусов А.В.* и др. Определение зон выноса проппанта методом спектральной шумометрии // Нефтяное хозяйство. 2018. № 5. С. 68–71.
4. *Акимов О.В., Гусаков В.Н., Мальцев В.В., Худяков Д.Л.* Потенциал технологий закрепления проппанта для повышения эффективности гидроразрыва пласта // Нефтяное хозяйство. 2008. №. 11. С. 31–33.
5. *Верисокин А.Е.* Методика испытаний проппантов для гидравлического разрыва пласта // Наука и техника в газовой промышленности. 2018. № 2(74). С. 62–69.

## A new method of reducing the proppant backflow to a well after formation hydraulic fracturing

A.E. Verisokin\*, L.G. Zhulina\*\*

North-Caucasus Federal University, Stavropol

E-mail: \*verisokin.aleksandr@mail.ru., \*\*zhulina-19980530@mail.ru

**Abstract:** The article presents an innovative solution to the problem of proppant backflow from formation hydraulic fracturing into the wellbore. This problem arises due to the wrong choice of the method of well development and the material for filling the created crack.

The negative consequences of proppant backflow and existing methods of retention proppant are analyzed. In laboratory conditions, the influence of the choice of the type of proppant used on the fracture conductivity was confirmed.

As a result of the study, a new type of proppant was developed, the material of which is intermetallic. Its advantages are justified by the chemical composition and mechanical properties. The main role of the proposed proppant is to form a blocking screen that does not miss the return removal of the proppant, keeping the crack from spontaneous closure. The fracture conductivity does not deteriorate.

**Keywords:** formation hydraulic fracturing, proppant, fracture, rate of recovery, well.

**Citation:** Verisokin A.E., Zhulina L.G. A new method of reducing the proppant backflow to a well after formation hydraulic fracturing // Actual Problems of Oil and Gas. 2019. Iss. 4(27). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art17> (In Russ.).

### References

1. Verisokin A.E., Zinovieva L.M. Features of the technology of washing and development of horizontal wells after selective hydraulic fracturing in the fields of Western Siberia // Science. Innovations. Technologies. 2015. No. 3. P. 79–91. (In Russ.).
2. Verisokin A.E., Marievsky A.D., Grub A.N., Serikov D.Yu. Influence of rock deformations, that occur when conducting a formation hydraulic fracturing, on a collector strength // Construction of Oil and Gas Wells on Land and Sea. 2018. No. 7. P. 35–38. <https://doi.org/10.30713/0130-3872-2018-7-35-38> (In Russ.).
3. Aslanyan I.Yu., Minakhmetova R.N., Trusov A.V. et al Proppant backflow zones determination by spectral noise logging // Neftyanoe Khozyastvo – Oil Industry. 2018. No. 5. P. 68–71. (In Russ.).
4. Akimov O.V., Gusakov V.N., Maltsev V.V., Khudyakov D.L. Potential of technologies of proppant fixation for hydrofracturing efficiency increase // Neftyanoe Khozyastvo – Oil Industry. 2008. No. 11. P. 31–33. (In Russ.).

5. *Verisokin A.E.* The method of testing of proppants for hydraulic fracturing // Science and Technology in the Gas Industry. 2018. No. 2(74). P. 62–69. (In Russ.).