

УДК 622.276

*А. Р. Латыпов*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа,
e-mail: Arseniplay@bk.ru*И. В. Буренина*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа,
e-mail: iushkova@yandex.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, гуар, искусственный интеллект, нейронная связь, полиакриламид, случайный лес.

На современном этапе основу пополнения бюджетной казны все также составляет нефтегазовая отрасль. При этом стратегической задачей нефтегазовой отрасли является бесперебойная и полноценная работа всех месторождений с целью усиления конкурентных позиций. Наиболее актуальными проблемами при разработке месторождений, остается разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, которая является невозможной без инструментов стимуляции пластов. Так, в данном вопросе является наиболее рентабельным гидравлический разрыв пласта, зарекомендовавший себя как один из самых эффективных инструментов заканчивания скважин. В данной статье рассматриваются два ключевых аспекта, первый это использование нейронных связей при вопросе нефтегазового инжиниринга, а второй это использование более высокоэффективных расходных материалов. Оба данных инструментов позволят повысить экономическую эффективность гидроразрыва пласта.

A. R. Latypov

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: Arseniplay@bk.ru

I. V. Burenina

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: iushkova@yandex.ru

IMPROVING THE SYSTEM FOR EVALUATING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF HYDRAULIC FRACTURING

Keywords: hydraulic fracturing, guar, artificial intelligence, neural communication, polyacrylamide, random forest.

At the present stage, the oil and gas industry still forms the basis for replenishing the budget treasury. At the same time, the strategic task of the oil and gas industry is the uninterrupted and full-fledged operation of all fields in order to strengthen competitive positions. The most pressing problems in the development of fields are the development of fields with hard-to-recover reserves, which is impossible without formation stimulation tools. So, in this matter, hydraulic fracturing is the most cost-effective, which has proven itself as one of the most effective well completion tools. This article discusses two key aspects, the first is the use of neural connections in the issue of oil and gas engineering, and the second is the use of more highly efficient consumables. Both of these tools will increase the economic efficiency of hydraulic fracturing.

Введение

Сегодня на большинстве нефтяных месторождений запасы нефти извлекаются с трудом. Для повышения объема добычи применяют технологию гидравлического разрыва пласта. В скважину под большим давлением закачивают специальную жидкость, раздвигая тем самым слои породы и создавая трещину, которая обеспечивает более свободный поток нефти. Однако высокая стоимость такой операции требует

ее качественного контроля. Сам процесс распространения трещины внутри пласта тяжело отследить. В статье выявлена связь между величиной пластового давления и тем, как образуется трещина гидроразрыва в пространстве. В статье также рассмотрена сравнительная характеристика гуара и полиакриламида, как ключевых расходных материалов для жидкости ГРП.

Цель исследования – увеличение экономической эффективности применения

гидроразрыва пласта при использовании нейронных связей и применения высоко технологических материалов.

Материал и методы исследования

При написании исследования использовались методы анализа и синтеза, а также сравнительный и описательный методы.

Также при исследовании и оценивании трещин в пласте были использованы методы искусственного интеллекта, а именно нейронные сети и случайный лес. Нейронная сеть является оптимальной при исследовании нефтегазовых месторождений так как позволяет охватывать большой объем данных при геологических работах.

Так предлагается создать вместо двух полей, одно поле, которое позволит отображать изменение коэффициента корреляции (Δr) непосредственно по всей площади элементов разработки. Для проведения анализа использовались следующие коэффициенты: дебит скважины, коэффициент эксплуатации каждой скважины [6].

Результаты исследования и их обсуждение

На основании предлагаемой методики использования искусственного интеллекта, на рисунке 1 представлена оценка направ-

лений трещин скважины № 423 компании ПАО «Газпромнефть», именно на данной скважине был применен кислотный ГРП с закреплением непосредственной трещины пропантом.

Стоит отметить, что для всех исследуемых скважин были рассчитаны непосредственные значения Δr до проведения ГРП и после, а также определена разница [3].

Согласно рисунку 1, тах изменение Δr между дебитами по скважинам № 433 и № 427, что подтверждается данными рисунка 2.

В общей сложности было проведено 26 операций. Где была проведена оценка направлений трещины ГРП.

Следующий этап заключался в выявлении причин новых трещин, так, было установлено, что ключевой причиной является давление пласта. Все значения были определены с помощью ИИ. По критерию Δr между фактическим и модельным давлением была определена достоверность воспроизведения (табл. 1) [7].

Согласно представленным результатам оба метода имеют высокую достоверность, однако предпочтение было отдано нейронной связи, так как среднее значение оказалось больше. Последующим этапом стало исследование динамики давления пласта по скважине 9070 (рис. 3).

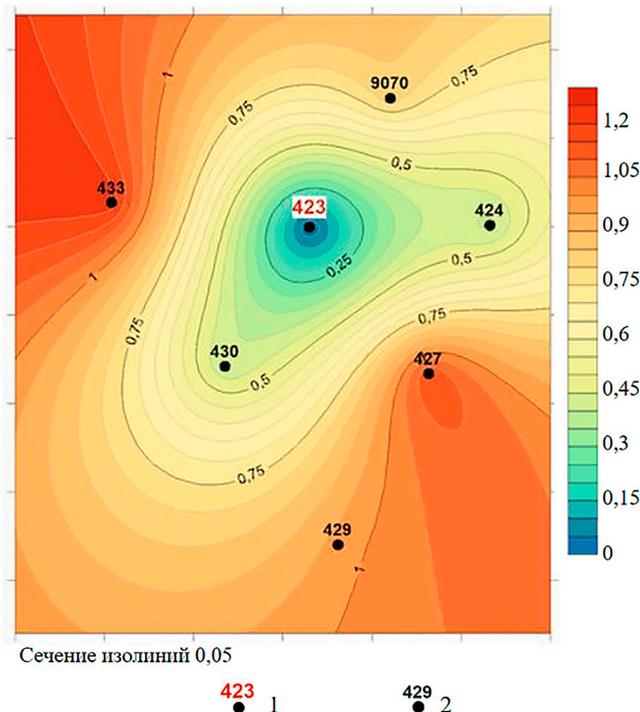


Рис. 1. Схема изменения параметра Δr на площади элемента системы разработки: 1 – скважина ГРП; 2 – добывающая скважина

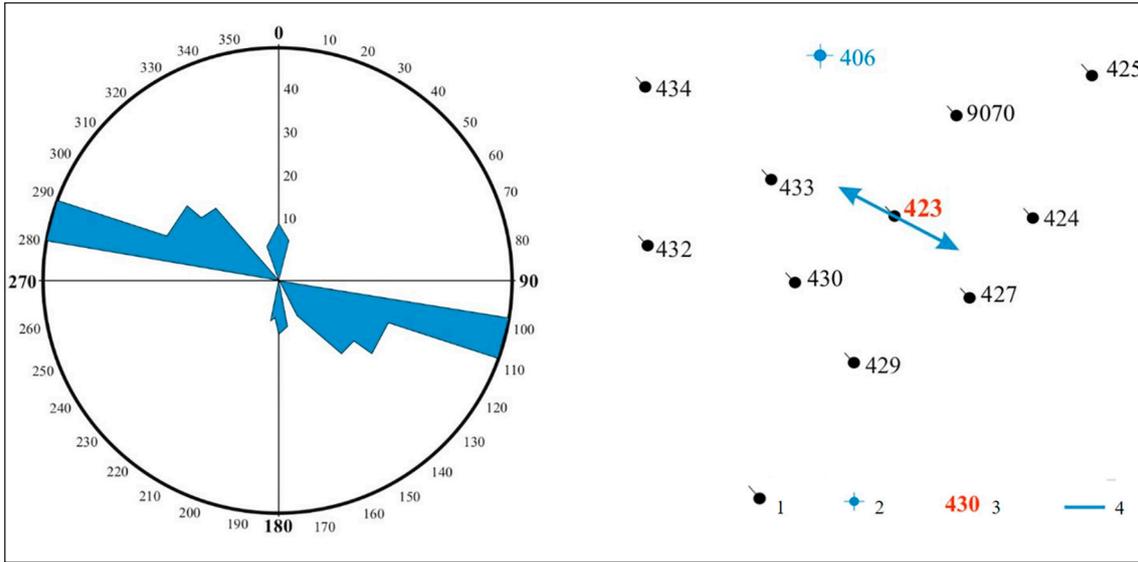


Рис. 2. Пространственное положение трещины ГРП по ВАК-Д:
 1 – скважина действующая добывающая; 2 – действующая нагнетательная;
 3 – скважина-объект ГРП; 4 – направление трещины после ГРП

Таблица 1

Сравнение коэффициентов корреляции фактических и модельных пластовых давлений

Номер скважины	Значение коэффициента корреляции	
	Случайный лес	Нейронная сеть
423	0,721	0,728
424	0,836	0,964
427	0,972	0,950
429	0,734	0,836
430	0,979	0,914
433	0,624	0,712
9070	0,806	0,806
Среднее	0,810	0,844

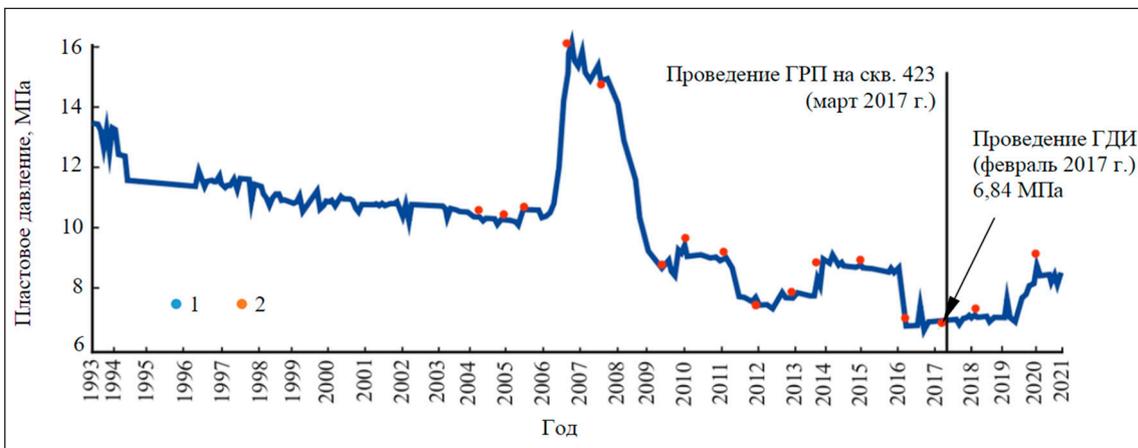


Рис. 3. Динамика фактического и модельного пластового давлений при эксплуатации скв. 9070:
 1 – модельное пластовое давление; 2 – фактическое (ГДИ)

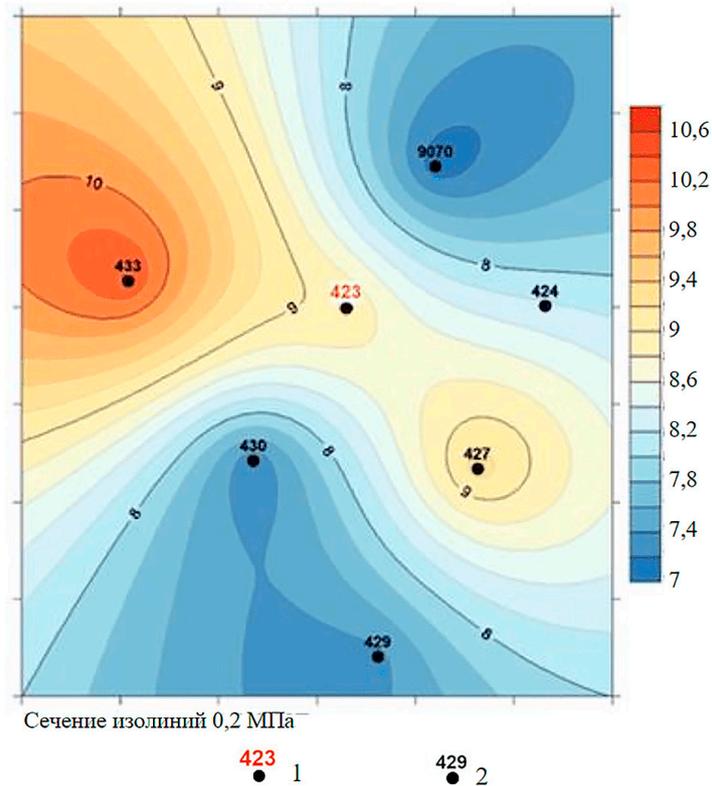


Рис. 4. Схема распределения пластового давления в пределах элемента системы разработки до проведения ГРП [5]

Высокая достоверность представленных результатов, позволяет произвести оценку энергетического состояния элемента перед проведением ГРП на скважине № 423. Визуальный анализ графика подтверждает высокую достоверность используемого метода. Так на рисунке 4 представлены результаты распределения пластового давления, где тах зоны отборы определены на скважинах № 433 и № 427, при этом именно на данных участках отмечено наиболее активное развитие самих трещин [2].

Согласно рисунку 4, в зонах с наибольшим пластовым давлением наблюдается размещение непосредственно трещин ГРП. Представленное исследование и итоги анализа свидетельствуют о возможности более эффективного планирования ГРП с целью извлечения дополнительной прибыли, при снижении технологических рисков [3].

Также остается открытым вопрос, качества расходных материалов, применяемых при ГРП. Стоит отметить тот факт, что использование синтетических полимеров вызывает всю большую актуальность в нефтегазовом секторе, несмотря на успешное

использование жидкостей на основе гуара. Ключевым же преимуществом использования синтетических полимеров является остаточная проводимость и эффективный контроль роста трещин на высоте.

Преимущества и недостатки полиакриламида по сравнению с гуаровыми системами отражены на рисунке 5 [4].

Стоит отметить тот факт, что жидкости на основе синтетических полимеров используется и в зарубежных странах, в частности, в США используются определенные виды полимеров, которые обеспечивают высокую проводимость и продуктивность после проведения ГРП. Если рассматривать нефтегазовый сектор России, то, стоит отметить, что высокая продуктивность полимером обеспечивает правильным подбором рецептур для проведения исследований [3]. С этой целью необходимо безусловное развитие программных и прикладных продуктов, а также закуп высоко технологического оборудования, так использование синтетических полимеров тесно связано с изменением технологии закачки жидкостей и модернизацией имеющегося у предприятий оборудования.



Рис. 5. Преимущества и недостатки полиакриламида по сравнению с гуаровыми системами [8]

Таблица 2

Анализ химического состава сеноманской воды

Проблема	Решение
Снижение термостабильности сшитого геля	Введение в жидкость ГРП дополнительных источников гидроксидов ионов
Разрушение полимерных цепей	Введение в воду в процессе подготовки мягких окислителей
Повышенная сила раствора	Добавление медленно растворимой щёлочи
Сшивание полимера во время гидратации	Перед приготовлением линейного геля вводился лиганд

Также стоит отметить оптимальная геометрия трещины с использованием синтетических полимеров позволяет снизить объем закачиваемого проппанта, относительно жидкостей на основе гуара, и как следствие, снижает общую себестоимость работ.

Однако, стоит отметить тот факт, что будь то жидкости на основе гуара или использование синтетических полимеров, для закачки в скважину необходимо разбавить раствор определенным объемом воды, что порой приводит к различного рода проблемам.

Развитие новых удалённых месторождений в Западной Сибири осложнено отсутствием традиционных источников воды. А её транспортировке мешает отсутствие

постоянных автодорог. В качестве решения он предлагает использовать воду из сеноманских скважин. Конечно, это связано с определёнными сложностями, однако, как полагают в «Технологической компании Шлюмберже», все они решаемы (табл. 2) [8].

В то же время использование сеноманской воды имеет ряд преимуществ:

- снижение стоимости за счёт оборудования и химических реагентов на 5%;
- производительность флотов ГРП – среднее время на операцию уменьшено 20%;
- снижение аварийности – сокращено количество рейсов автоцистерн;
- воздействие на окружающую среду – на 6% снижен объём выбросов CO₂ [8].

Ещё один интересный подход – проведение ГРП на холодной воде. Известно, что нагрев жидкости до нужной технологии занимает значительную долю в общей себестоимости операции, что непосредственно связано с временными задержками. Данная технология позволяет сократить непроизводительности времени и как следствие снизить затраты.

В рамках эксперимента на месторождениях той же компании ПАО «Газпромнефть» в ХМАО и ЯНАО по применению гуаровых жидкостей без нагрева воды весной и осенью использовалась вода температурой от +6 до +15 °С с применением определенной стабилизирующей добавки, а при температуре свыше 16 °С без использования какого-либо рода добавок и подогрева воды.

Представленное исследование подтвердило изначальные предположения, а именно: время нагрева одной емкости сократилось в 3 раза, а именно с полутора часов до получаса, а количество операций увеличились с 1,7 до 2,6 [6].

Таким образом, представленное исследование говорит о необходимости перехода российских компаний с гуаровых систем на ПАА, ввиду получения дополнительных достоинств данных технологий.

Заключение

Сегодня на большинстве нефтяных месторождений запасы нефти извлекаются с трудом. Для повышения объема добычи применяют технологию гидравлического разрыва пласта. В скважину под большим давлением закачивают специальную жидкость, раздвигая тем самым слои породы и создавая трещину, которая обеспечивает более свободный поток нефти. Однако высокая стоимость такой операции требует ее качественного контроля. Сам процесс распространения трещины внутри пласта тяжело отследить.

В работе была предложена усовершенствованная методика подразумевает анализ лишь одного поля – схемы изменения величины Δg . Для расчета пластовых давлений применялись два метода машинного обучения: случайный лес и искусственная нейронная сеть.

Согласно проведенному анализу, стоит отметить подтверждение размещения трещин ГРП в зонах с наиболее высокими давлением пласта. Представленное исследование и итоги анализа свидетельствуют о возможности более эффективного планирования ГРП с целью извлечения дополнительной прибыли, при снижении технологических рисков.

А также опираясь на использование высоко технологических материалов, в целом можно дать следующие рекомендации по проведению работ с полиакриламидом:

- обязательное проведение оценки по времени закрытия трещины и оседания проппанта, перед началом проведения работ и после;

- разработка мероприятий по сокращению скорости оседания проппанта;

- применение мер по контролю расхода высоко технологических жидкостей при оценке скорости оседания проппанта и закрытия трещины;

- необходимость оценки времени закрытия трещины и времени оседания проппанта перед

- гибридные работы, сочетание ПАА (буфер + проппантные стадии) и гуаровой системы (проппантные стадии).

При текущих обстоятельствах, важно учитывать пористость и проницаемость, температуру и давление заполнения жидкостями ГРП, образование эмульсий при взаимодействии с пластовыми флюидами и набухание глинистых минералов при контакте с жидкостью гидроразрыва».

Библиографический список

1. Абдулджаббар А.А., Фарук Яхья А.О. Анализ типов проппантов и некоторые особенности их применения // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли. Проблемы устойчивого развития территорий: Сборник трудов III Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 08–09 декабря 2022 года. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. С. 119-123.
2. Суховерова П.А., Шиян С.И., Крылов К.А. и др. Анализ эффективности проведения гидроразрыва пласта с целью увеличения газоотдачи на Южно-русском месторождении // Булатовские чтения. 2022. Т. 1. С. 334-337.

3. Антошкина А.В. Экономика, организация и планирование при управлении предприятиями нефтегазового комплекса: учебное пособие. Краснодар: КубГТУ, 2020. 227 с.
4. Бекмамбетов Э.Р. Влияние концентрации проппанта и жидкости ГРП на залегание проппанта в трещинах во время разрыва // Студенческий. 2022. № 17-1(187). С. 50-53.
5. Гидроразрыв пласта для повышения нефтеотдачи / В.А. Петина, А.М. Машкова, Н.В. Соловьев и др. // Молодые – Научкам о Земле: Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 31 марта – 01 2022 года / Редколлегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. Том 4. М.: Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, 2022. С. 271-274.
6. Ардисламова Д.Р., Кадырова К.Р., Сыпченко С.И. и др. Использование методов кластеризации при моделировании гидроразрыва пласта // Нефтяное хозяйство. 2022. № 11. С. 112-117.
7. Колосова О.Г. Экономика нефтегазовой отрасли. Организация производственных работ и оплата труда: учебник и практикум для среднего профессионального образования. 2-е изд. М.: Юрайт, 2024. 422 с.
8. Жидкости ГРП: в поисках лучшей альтернативы // Нефтегазовая промышленность. URL: <https://nprom.online/technology/zhidkosti-grp-v-poiskahluchshej-alternativy/> (дата обращения: 01.09.2024).