

УДК 622.244.443

**Перспективы развития струйной техники и технологии
в нефтегазовой отрасли**

Г. А. Шлеин, И. И. Клещенко, А. А. Балувев*, А. Ф. Семененко

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

**e-mail: baluevaa@tyuiu.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные технологии освоения и исследования нефтяных и газовых скважин струйными аппаратами в различных условиях залегания продуктивных пластов. Показаны результаты работ струйными аппаратами для интенсификации притоков на месторождениях Западной Сибири и дана оценка их эффективности по изменению продуктивности. Показаны перспективы развития струйной техники и технологии в нефтегазовой отрасли для повышения качества строительства и эксплуатации скважин. Приведены новые технологии и конструкции струйных насосов, разработанные для освоения скважин, исследования двух и более пластов с целью их объединения в один эксплуатационный объект. Предложены эффективные технические и технологические решения для освоения скважин и интенсификации притоков из пластов с аномально высокими пластовыми давлениями. Применение данной техники и технологии в процессах освоения скважин позволяет получать более качественную информацию о фильтрационно-емкостных свойствах продуктивных пластов, а также повысить их продуктивность.

Ключевые слова: струйный насос; залежь; скважина; продуктивный пласт; пластовое давление; перфорация; дебит

**Development potential of jet pumps and technology
in the oil and gas industry**

**Gennady A. Schlein, Ivan I. Kleshchenko, Anatoly A. Baluev*,
Anastasia F. Semenenko**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**e-mail: baluevaa@tyuiu.ru*

Abstract. The article deals with innovative technologies for the development and research of oil and gas wells by jet devices in various conditions of occurrence of productive formations. Data are given about the results of work with jet pumps for intensifying the inflows in fields of Western Siberia and about their efficiency to change well productivity. We show development potential of jet pumps and technology in the oil and gas industry to improve the quality of well construction and well operation. Attention is drawn to new technologies and designs of jet pumps, which have been developed for well development, research of two or more reservoirs with the aim of combining them into one production facility. The article gives valuable information on effective technical and technological solutions for well development and stimulation of inflows from reservoirs with abnormally high reservoir pressure. The use of this technique and technology in well development processes allows you to obtain enhanced information about the reservoir properties of productive formations, as well as to increase their productivity.

Key words: jet pump; deposit; well; productive formation; reservoir pressure; perforation; flow rate

Введение

В настоящее время существует большое количество областей промышленности, где используются струйные аппараты, в том числе и в нефтегазовой отрасли. Как показывает анализ материалов, публикуемых в ведущих нефтегазодобывающих странах, использование струйных аппаратов (насосов) и объем их внедрения в нефтегазовой отрасли с каждым годом возрастает, и область применения расширяется.

Применение струйных аппаратов в нефтяной и газовой отрасли нашей страны показало их высокую эффективность. Вследствие этого в настоящее время существует необходимость ускорения научно-технического развития струйной техники и технологий, используемых в топливно-энергетической промышленности Российской Федерации [1, 2].

Отсутствие движущихся деталей, возможности управления процессами смешивания различных сред, обмен их энергиями и регулирование скоростей движения при транспортировании веществ дают возможность струйным аппаратам стать универсальным инструментом во многих технологических операциях современной промышленности. В целом в технике струйные установки характеризуются низкими значениями коэффициента полезного действия (КПД). Здесь КПД изменяется от 0,20 до 0,30 [3]. Однако при рациональном планировании и успешном проведении мероприятий по освоению нефтегазовых скважин и добыче углеводородов (УВ) при помощи струйных насосов, с использованием в технологических процессах пластовой энергии (энергии естественного скважинного термогазлифта), произведенная полезная работа в данном конкретном случае будет достаточно высокой, что послужит значительному увеличению КПД указанных выше аппаратов.

Объект, методы исследования и полученные результаты

В геолого-разведочном производстве, при поиске и разведке залежей УВ месторождений нефти и газа, струйные насосы применяются при испытании пластов в разведочных скважинах. Сегодня область их применения несколько ограничена, так как они используются в основном для вызова притоков из пластов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС).

В процессах испытания поисковых и разведочных скважин, вскрывших низкопроницаемые коллекторы, струйные насосы применяют на заключительной стадии, когда все доступные методы уже были использованы. Здесь главным критерием успешного применения струйных насосов является снижение влияния скин-фактора в прискважинных зонах продуктивных пластов (ПЗП), и без специально разработанных технологий эту задачу не решить [4].

Существующему оборудованию необходимо дать научно обоснованные методологию использования данной техники и технологии применительно к сложнопостроенным низкопроницаемым терригенным и карбонатным коллекторам и методику обработки результатов исследований, полученных при испытании скважин с применением указанного метода. Основной целью применения струйных насосов в геолого-разведочном производстве при испытании скважин является повышение их продуктивности путем очистки ПЗП от за-

грязняющих материалов. В конечном итоге это повышение кондиций запасов УВ, перевод запасов из категории C_2 в C_1 .

В конце 1980-х годов в связи с переносом основного объема геолого-разведочных работ на удаленные месторождения со сложнопостроенными низкопроницаемыми коллекторами эффективность применения струйных насосов при испытании скважин снижалась. Это в первую очередь связано с тем, что геолого-разведочные предприятия применяли струйные аппараты на испытываемых объектах бессистемно и некомплексно [5].

Эффективность использования данных устройств была бы значительно выше, если бы они использовались совместно в комплексах работ по повышению продуктивности скважин, таких как обработки ПЗП соляно-кислотными растворами, глино-кислотными, растворами поверхностно-активных веществ, электролитов и т. д. [6].

Очень важным условием эффективного применения этой техники в геологоразведке должны стать модернизация струйных насосов, расширение области их применения и увеличение функциональных возможностей, а именно, улучшение технических характеристик и эксплуатационных параметров [7]. Новая техническая продукция должна пройти патентование, государственную сертификацию и иметь разрешительную документацию от государственных организаций на право применения в процессах испытания скважин при поиске и разведке нефтяных и газовых месторождений. Должны быть созданы современные отечественные программные комплексы обработки результатов исследований, а также разработана эффективная методика применения указанной техники и технологии при испытании поисково-разведочных скважин, вскрывших сложнопостроенные низкопроницаемые коллекторы терригенного или карбонатного типа [8].

Необходимо отметить, что в настоящее время растут объемы применения струйных насосов при капитальном ремонте эксплуатационных и нагнетательных скважин (КРС) в процессе разработки месторождений, а также для вызова притока, освоения и определения ФЕС продуктивных пластов [9].

В нагнетательных скважинах струйные насосы используются для очистки ПЗП и выравнивания профиля приемистости и реже применяются в комплексе с химическими обработками пластов с целью интенсификации нефтегазовых притоков.

В 2000-е годы объемы применения струйных насосов в добыче нефти увеличивались, особенно на крупнейшем Самотлорском месторождении, на месторождениях Краснотенинского свода и т. д. [10]. Так, в простаивающей по причине обводнения скв. 900 Ван-Еганского месторождения были успешно проведены опытно-промышленные работы по добыче тяжелой высоковязкой нефти (ТВН) из пластов группы ПК. Данную скважину сразу же после освоения пустили в добычу с помощью струйного насоса. Для работы струйного насоса использовались вода и энергия из промысловой системы поддержания пластового давления (ППД) [11]. На рисунке 1 показана схема обвязки устьевого оборудования скважины при добыче нефти струйным насосом, работающим от системы ППД [12].

Так как рабочая жидкость из системы ППД, пройдя через скважину, возвращается в полном объеме в нефтесборный коллектор, замеренный ГЗУ «Спутник» дебит представляет сумму объемов рабочей и извлекаемой из пласта жидкостей. Для оценки дебита в обвязке скважины были установлены датчики массового расхода СЖУ-25.

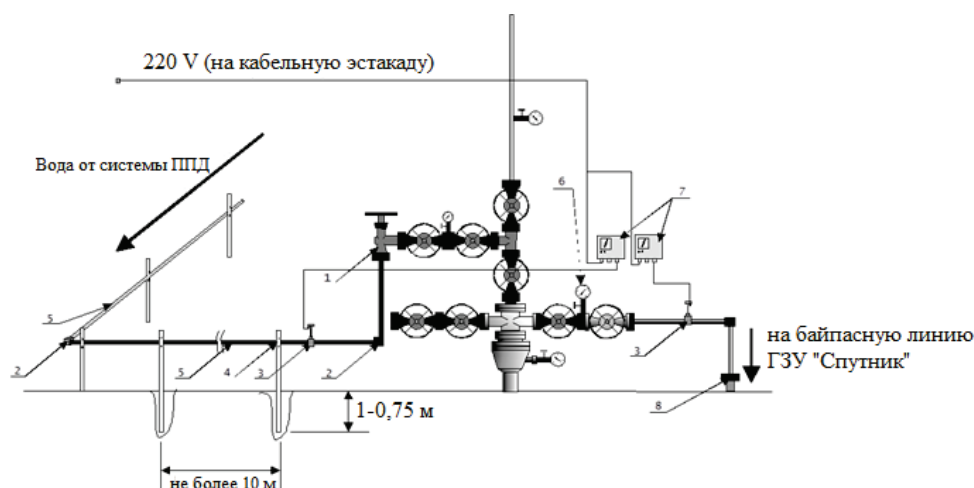


Рис. 1. Схема обвязки устья скв. 900 Ван-Еганского месторождения при добыче нефти струйным насосом с использованием энергии системы ППД

Для получения объективного результата и исключения фактора кратковременного отбора пластового флюида продолжительность экспериментальной эксплуатации скважины с применением струйного насоса предполагалась не менее полугода.

После монтажа оборудования скважина была исследована в режиме кратковременных (по 1 часу на каждый режим) откачек жидкости из пласта. Максимальный дебит отбора жидкости из пласта составил $22 \text{ м}^3/\text{сут}$ при депрессии 31 кгс/см^2 .

Далее скважину перевели в режим длительной откачки с изменением давления нагнетания на 10 кгс/см^2 , вначале прямым, затем обратным ходом с подержанием режима в течение суток (рис. 2) [12].

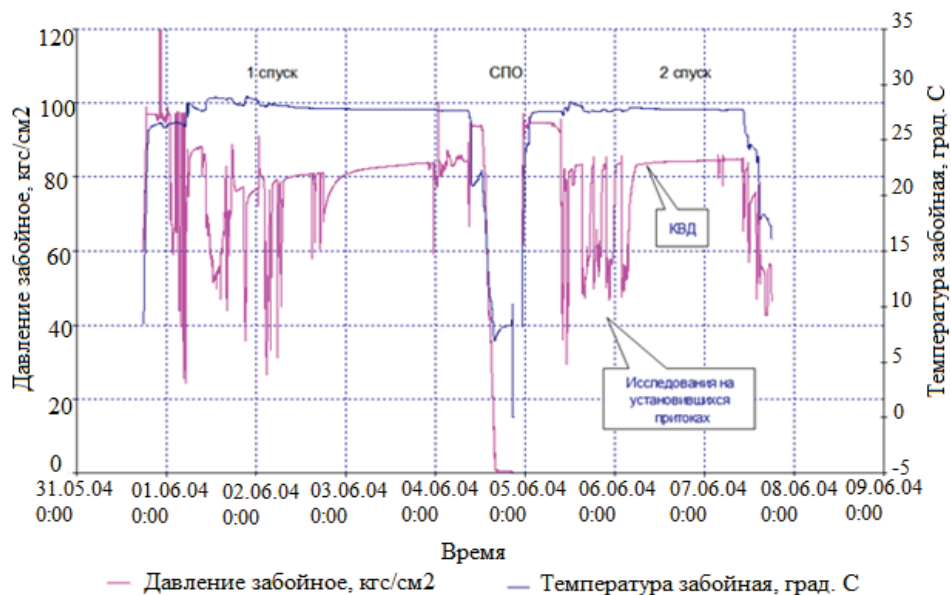


Рис. 2. Режимы работы скв. 900 Ван-Еганского месторождения

Результаты работ показывают перспективность примененного метода добычи нефти. За неполных два месяца работы струйного насоса из бездействующей скважины добыто около 1 000 т ТВН.

В дальнейшем данный опыт был успешно перенесен на освоение, исследование эксплуатационных скважин с горизонтальным окончанием Русского месторождения. Здесь также продуктивные слабосцементированные пласты группы ПК имеют насыщение ТВН. Технология добычи таких нефтей сложна и малоизученна [13].

Высокая вязкость нефти (до 400 мПа · с) и высокое содержание в продукции механических примесей ($4-7 \text{ кг/м}^3$) определяют сложности в разработке месторождения. Общепринятые технологии разработки нефтяных месторождений являются в данном случае малоэффективными. В фонтанном режиме скважины с низким процентом обводненности работают непродолжительное время, так как значительные гидравлические сопротивления при движении высоковязкой нефти по стволу скважины и большая плотность нефти зачастую не позволяют пластовой энергии преодолеть значения противодавления промыслового нефтесборного коллектора. Так, при освоении и исследовании эксплуатационных скважин на Русском месторождении с помощью струйных насосов были получены значительные технико-технологические результаты в плане достижения высоких добычных возможностей скважин с горизонтальными окончаниями.

На рисунке 3 представлена картограмма изменения забойных давлений и температуры, зарегистрированная электронными глубинными приборами при освоении, исследовании с помощью струйного насоса скв. 14-Г Русского месторождения.

На рисунке 4 представлена индикаторная диаграмма, полученная при отработке скв. 14-Г Русского месторождения струйным насосом.

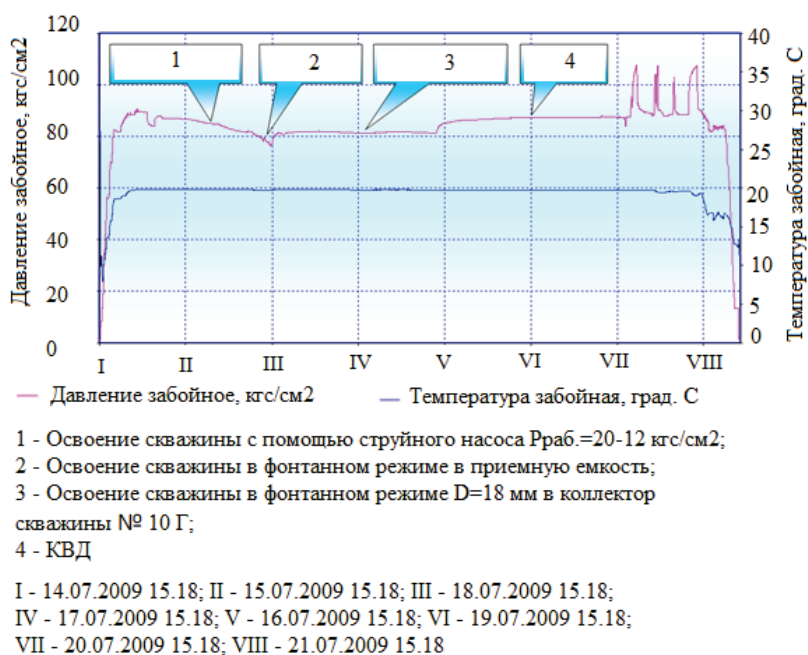


Рис. 3. Картограмма изменения забойных давлений и температуры при освоении, исследовании скв. 14-Г Русского месторождения с помощью струйного насоса

Из полученных данных следует, что даже при относительно невысоких депрессиях на продуктивный пласт ПК1-17 (около 11 кгс/см²) получен приток нефти дебитом в 170 м³/сут, при этом коэффициент продуктивности скважины составил 15,45 м³/сут/кгс/см², что, несомненно, доказывает высокую эффективность освоения скважины струйным насосом.

В настоящее время нефтяные компании в Западной Сибири разрабатывают многопластовые нефтяные и нефтегазовые месторождения. При этом многие скважины эксплуатируются с одновременной добычей продукции из двух и более объектов разработки.

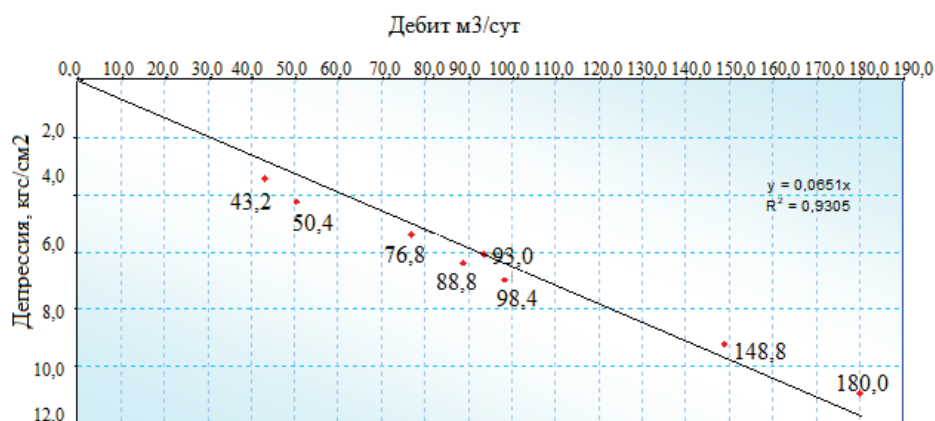


Рис. 4. Индикаторная диаграмма, полученная при отработке скв. 14-Г Русского месторождения струйным насосом

Экономическая эффективность такого способа добычи несомненна. В то же время появляется серьезная проблема — контроль над выработкой запасов из пластов и соблюдение проектных параметров разработки месторождений. Для решения поставленной задачи разработан и прошел испытания двухрядный струйный насос типа НУ-74. В результате разработки и внедрения данной технологии значительно повысится эффективность испытания и эксплуатации двух и более пластов в разведочной или эксплуатационной скважинах [14].

Технология испытания и исследования двух и более пластов в одной скважине предусматривает спуск подземного скважинного оборудования со струйными насосами и пакерующими элементами.

С помощью устройства НУ-74 (рис. 5), разработанного на первом этапе исследований работ, возможно проведение работ по освоению скважин при вскрытии пластов перфорацией без подъема инструмента, проведение физико-химических методов воздействия на ПЗП и водоизоляционных работ [12]. Также с помощью устройства НУ-74 возможно выполнение качественных гидродинамических и геофизических исследований многопластовых залежей с целью вовлечения их в совместную или раздельную разработку.

Устройство опускают в эксплуатационную колонну на насосно-компрессорных трубах (НКТ) совместно с пакером и устанавливают на расчетной глубине. Проверяется герметичность спущенных в скважину НКТ и пакера (см. рис. 5) [12].

Затем в скважину спускается центральный ряд НКТ (рис. 6) [12].

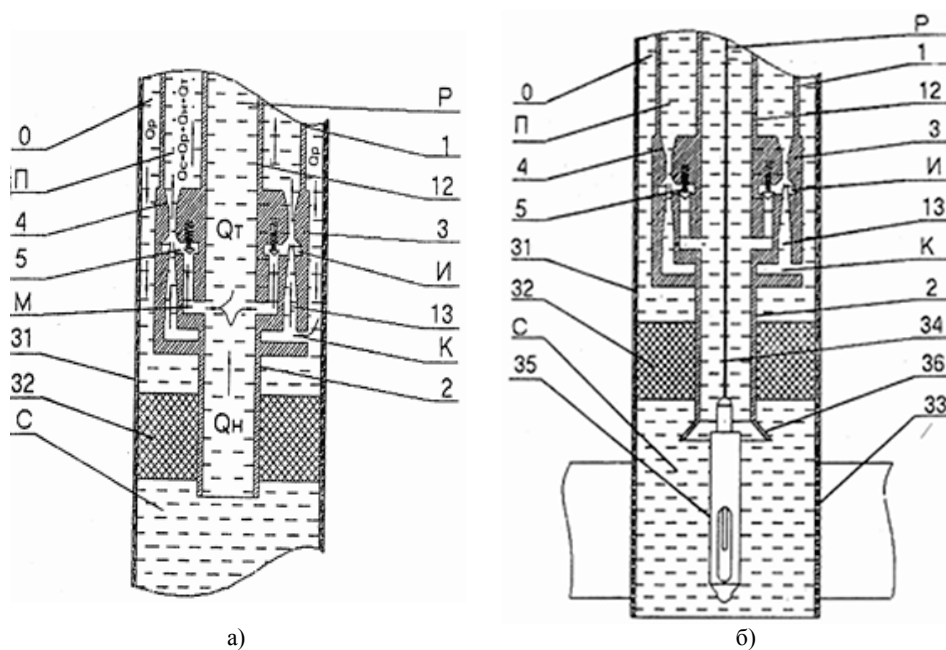


Рис. 5. Схема работы насоса НУ-74 при освоении и исследовании скважин:
а) при нагнетании жидкости; б) при остановке насосного агрегата

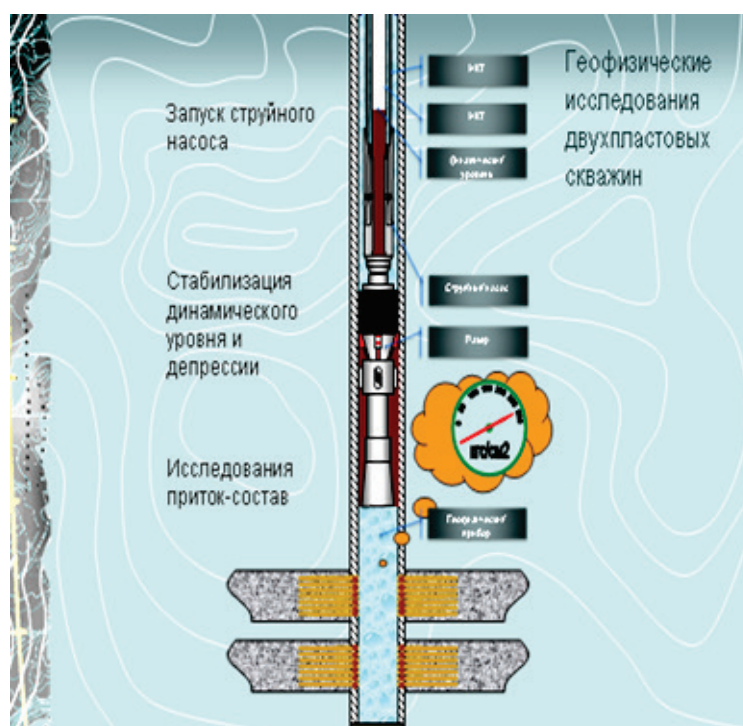


Рис. 6. Компонировка подземного оборудования
в скв. 508 Ван-Еганского месторождения

После этого насосным агрегатом с поверхности создается расчетное давление в трубном и кольцевом пространстве, соответствующее величине срывного усилия тарированной опрессовочной заглушки. Для проведения геофизических и гидродинамических исследований скважины через устьевой лубрикатор в трубное пространство центрального ряда НКТ в интервал перфорации продуктивного пласта на геофизическом кабеле спускают глубинную регистрирующую аппаратуру. В процессе освоения с помощью геофизической регистрирующей аппаратуры осуществляется оперативный контроль, определяются работающие толщины продуктивного пласта, состав флюида, термометрия, дебитометрия и т. д. При этом возможно оперативно влиять на процесс освоения скважины, изменяя величины депрессий на пласт, время их воздействия, темпов снижения забойного давления, уровня жидкости, достигая тем самым подключения в работу дополнительных пропластков и нефтенасыщенных зон продуктивного пласта [15]. При прекращении работы наземного агрегата клапаны закрываются, герметизируя подпакерную зону, трубное пространство от затрубного и межтрубного пространств. Одновременно, перемещая глубинные приборы, осуществляют регистрацию температуры в интервале пласта, фазовые составляющие притока, границы раздела «газ — нефть — вода» по высоте, запись кривой восстановления пластового давления (КВД), величины и скорости изменения уровня жидкости в скважине, а также осуществляют отбор герметизированной пробы пластового флюида и т. д. С целью определения ФЕС продуктивного пласта возможно применение различных комплексов геофизических и гидродинамических методов исследования скважин.

Геофизические и гидродинамические исследования скважин в процессе циклического воздействия скважинной эжектирующей жидкости через межтрубное пространство с помощью струйных насосов могут повторяться многократно до получения необходимой геолого-промысловой информации о строении объекта и его коллекторских свойствах.

Кроме того, устройство позволяет совмещать повторную перфорацию и обработку пласта физико-химическими методами.

Для повышения эффективности очистки ПЗП от загрязняющих материалов с помощью устройства возможно использование вибрационных, акустических, тепловых, электромагнитных и других методов. Обработка интервалов пласта генератором колебаний совмещается с процессом освоения и эжектирования скважинной жидкости. В данном случае забойное давление снижается, а при остановках наземного насосного агрегата — увеличивается. В случае если продуктивный пласт обводнен, то с помощью разработанного устройства можно проводить водоизоляционные работы.

Разработанная технология освоения и исследования двух и более пластов на первом этапе исследований прошла промышленные испытания на скв. 508 Ван-Еганского месторождения. Были исследованы дебиты жидкости на трех режимах [12]. Проведены геофизические исследования профиля притока с регистрацией механическим расходомером как в точечном, так и при непрерывном режимах. Комплексная интерпретация данных расходомерии, влагометрии и резистивиметрии позволила распределить добычу нефти и воды по разрабатываемым объектам. В результате было установлено, что на пласт БВ₆ приходится лишь 22 % добычи, а характер притока — вода с дебитом 13,2 м³/сут без признаков нефти. При этом пласт БВ₅ обеспечивал 78 % добычи, с общим дебитом водонефтяной смеси 41,8 м³/сут, с дебитом по добываемой нефти 4,4 м³/сут. В результате были построены индикаторные диаграммы и определены коэффициенты продуктивности как по скважине в целом, так и по

пластам и виду флюида. При этом были уточнены текущие значения пластовых давлений по пластам: для объекта БВ₅ — 19,08 МПа, а для БВ₆ — 18,0 МПа.

Проведенный комплекс работ с использованием струйного насоса двухколлонной конструкции на скв. 508 Ван-Еганского месторождения впервые позволил провести геофизические исследования по определению профиля притока с использованием механического расходомера как в дискретном, так и в непрерывном режиме.

Данные расходомера позволили распределить добычу нефти и воды по разрабатываемым объектам. На пласт БВ₆ приходится лишь 22 % добычи и характер притока — 100 % воды. Пласт БВ₅ обеспечивает 78 % добычи и 100 % добываемой нефти. Представленные отделом разработки данные по истории добычи не позволяют сделать однозначный вывод о правильности разделения добычи по пластам до проведения этих работ, так как содержат сведения лишь о суммарной добыче с момента ввода ее в эксплуатацию. Проведенные работы позволили помимо решения одной из сложных проблем в нефтедобыче решить и частные задачи. Это относится к принятию оперативных решений о целесообразности КРС. Совершенно очевидно, что на скв. 508 необходимо провести изоляцию пласта БВ₆ и соответствующую оптимизацию работы скважины.

При применении стандартных методов освоения скважин с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД) технология значительно усложняется. Объясняется это в основном высокой энергетической активностью пластов, обуславливающей высокие коэффициенты инжекций. В связи с этим сокращается время очистки ПЗП от фильтратов буровых и тампонажных растворов, а также при внесенных механических примесей. Следует также учитывать и то, что высокие газовые факторы извлекаемых на дневную поверхность пластовых флюидов требуют безопасных технико-технологических приемов [12].

Первые опытные работы по возбуждению пластов с АВПД с помощью струйного насоса были проведены на скв. 674 Уренгойского месторождения. Продуктивный горизонт в интервале 3 555–3 770 м представлен отложениями тюменской свиты. Вскрытие пласта производилось долотом диаметром 157,1 мм с промывкой забоя буровым раствором плотностью 1 800 кг/м³ с условной вязкостью 80 с и водоотдачей 6 см³/30 мин. Раствор обрабатывали гидрофобизирующими кремнийорганическими жидкостями, конденсированной сульфит-спиртовой бардой, в качестве термостабилизатора добавляли хромпик и утяжеляли баритом.

Перфорация пласта в эксплуатационной колонне осуществлялась зарядами ПНКТ-73. В интервале продуктивного пласта была установлена ванна из водного раствора хлористого кальция плотностью 1 200 кг/м³. С целью очистки ПЗП на скважине провели импульсный дренаж с закачкой воздушной подушки в межтрубное пространство между обсадной колонной и НКТ и отработкой по свободному трубному отводу. Всего за 8 суток дренирования из пласта отобрано около 5 м³ нефти и 30 м³ фильтрата бурового раствора, содержащего до 1 % механических примесей.

С целью ускорения работ было принято решение освоить скважину с применением струйного насоса типа УОС-1. В скважину была опущена следующая компоновка (снизу вверх): НКТ 60,3 мм — 18 м; фильтр от КИИ-95 — 3 м; пакер ПЦ-108, 110 мм — 2 м; струйный насос УОС-1 — 0,5 м; НКТ 60,3 и 73 мм до устья — 2 524 м.

В Уренгойском нефтегазоносном районе испытывались также скважины Р-72 и Р-90 Пальниковской площади. Полный цикл освоения пласта и полу-

ченные при этом результаты по скважине Р-90 Пальниковского лицензионного участка приведены на рисунках 7 и 8.

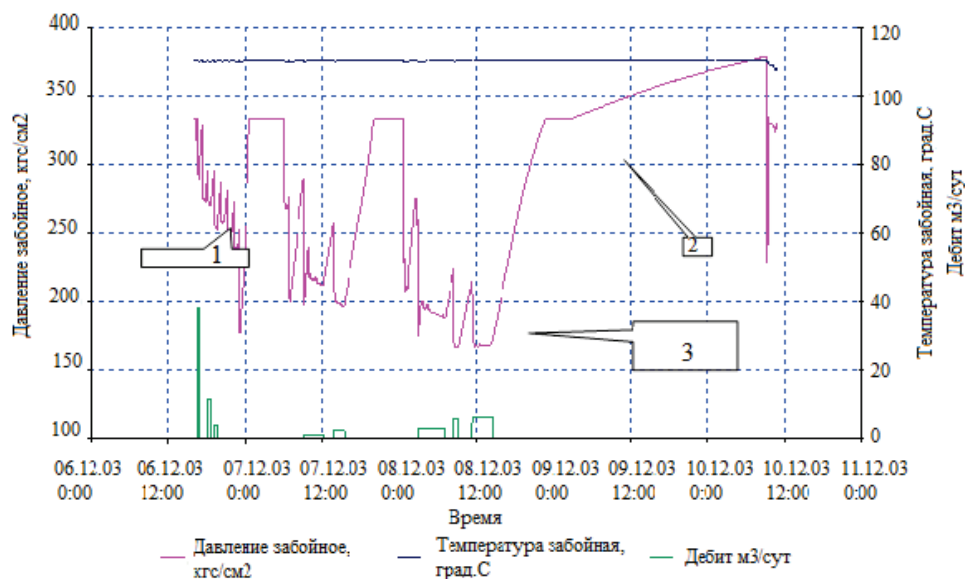


Рис. 7. Режимы работы струйным насосом (скв. Р-90 Пальниковского лицензионного участка): 1 — режим освоения; 2 — КВД; 3—исследования на установившихся притоках

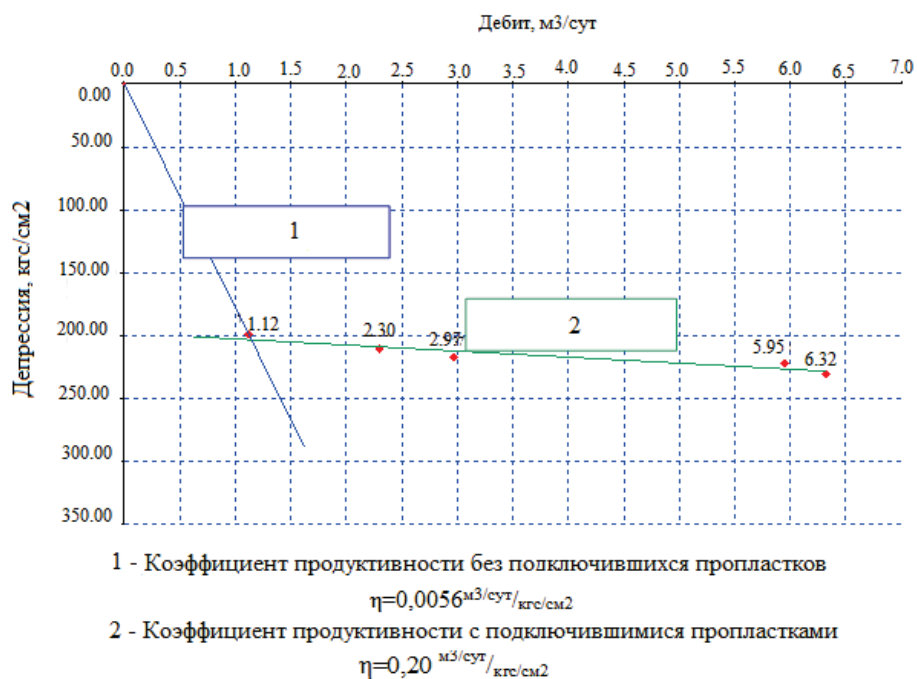


Рис. 8. Индикаторная диаграмма скв. Р-90 Пальниковского лицензионного участка (пласт Ю2, интервал 3 566–3 587 м)

Характер восстановления КВД объясняется следующими условиями (см. рис. 7):

- первый участок КВД — восстановление пластового давления осуществляется в подпакерном пространстве скважины;
- второй участок КВД — отключение пласта вследствие влияния скин-эффекта в ПЗП;
- третий участок — снятие влияния скин-фактора, открытие обратного клапана в компоновке скважинного оборудования [16, 17].

На рисунке 8 приведена индикаторная диаграмма по скважине Р-90 Пальниковского лицензионного участка.

Таким образом, ПЗП в данной скважине была переведена в качественно новое состояние, то есть очищена от фильтрата бурового и цементного растворов с помощью струйного насоса [18–21].

Выводы

Применение струйных аппаратов на месторождениях Западной Сибири позволяет констатировать следующее.

1. При освоении и исследовании пластов с высоковязкой нефтью получены значительные технико-технологические результаты в части увеличения дебита нефти на Русском месторождении.
2. Освоение и исследование скважин с горизонтальным окончанием с помощью струйных насосов дали положительные результаты.
3. Применение струйных аппаратов позволяет производить очистку ПЗП и выравнивание профиля приемистости.
4. Разработанная технология освоения и исследования двух и более пластов успешно прошла промысловые испытания.
5. Построение индикаторной диаграммы позволяет определить коэффициент продуктивности как по скважине в целом, так и по пластам и виду флюида.
6. Выполненные опытные работы по возбуждению пластов тюменской свиты с АВПД на Уренгойском месторождении дали положительный результат.

Несмотря на специфику нефтегазовой отрасли и трудности внедрения, струйные аппараты показали высокие результаты на предприятиях топливно-энергетического комплекса в плане прироста запасов и дополнительной добычи нефти. Для промышленного внедрения данной техники и технологии в производство необходимо следующее:

- на основании практического опыта разработать эффективную, волновую комплексную технологию повышения добычных и эксплуатационных возможностей нефтяных и газоконденсатных скважин;
- разработать и внедрить в производство новое поколение нефтяных струйных насосов, применение которых при КРС позволит создать рациональную направленность и управляемость процессов при ремонтно-изоляционных работах, освоении скважин с горизонтальными окончаниями и при гидравлическом разрыве пластов;
- на базе существующего ряда струйных аппаратов создать модификации устройств с повышенным КПД для их эффективного использования в процессах добычи нефти, газа и конденсата;
- создать современный программный комплекс для компьютерной обработки данных освоения, исследования скважин и добычи нефти с помощью струйных насосов.

Значительную экономическую эффективность даст внедрение новой техники и технологий в нефтяной и газовой отраслях нашей страны. Кроме того, для подготовки высококвалифицированных специалистов в данной области вузам и профильным колледжам необходимо ввести в учебные программы соответствующие дисциплины и организовать курсы по повышению квалификации.

Библиографический список

1. Гидродинамические исследования малодебитных нефтяных скважин / А. К. Ягафаров [и др.]. – Тюмень: Вектор Бук. – 2006. – 352 с.
2. Освоение и исследование нефтяных скважин струйными аппаратами / Г. А. Шлеин [и др.]; под науч. ред. С. И. Грачева. – Тюмень: Вектор Бук. – 2011. – 192 с.
3. Соколов Е. Я., Зингер Н. М. Струйные аппараты. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. – 1989. – 352 с.
4. Шлеин Г. А., Газимов Р. Р., Ирипханов Р. Д. Применение вибрационно-циклических методов интенсификации притоков и восстановления приемистости при освоении скважин // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 9. – С. 76–79.
5. Федорцов В. К., Ягафаров А. К., Клевцур А. П. Практические указания по испытанию поисковых и разведочных скважин на нефть и газ. Часть 2. Освоение скважин, интенсификация притоков из поровых коллекторов. – Тюмень: Главтюменьгеология; ЗапСиб-БурНИПИ, 1988. – 365 с.
6. Ягафаров А. К., Курамшин Р. М., Демичев С. С. Интенсификация притоков нефти из скважин на месторождениях Западной Сибири. – Тюмень: Слово, 2000. – 223 с.
7. Дроздов А. Н. Технология и техника добычи нефти погружными насосами в осложненных условиях: учеб. пособие. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 309 с.
8. Федорцов В. К., Замахаев В. С., Аметов И. К. Оптимизация условий интенсификации притоков нефти из гранулярных коллекторов // Пути повышения эффективности использования скважин на месторождениях Западной Сибири. Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 66. – Тюмень, 1985. – С. 70–80.
9. Опыт применения струйных насосов при испытании коллекторов в Непско-Ботуобинской области / Г. А. Шлеин [и др.] // Молодой ученый. – 2018. – № 24 (210). – С. 90–92.
10. Орлов Д. Г., Териков В. А., Дроздов А. Н. Промысловые испытания экспериментальных образцов беспакерной компоновки гидроструйного насоса с двухрядным лифтом на Самотлорском месторождении // Нефтепромышленное дело. – 2003. – № 11. – С. 20–24.
11. Технологическая возможность исследования реологических свойств пластовых нефтенасыщенных систем в низкопроницаемом гранулярном коллекторе / В. К. Федорцов [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 12. – С. 58–60.
12. Шлеин Г. А. Совершенствование и разработка новых технологий освоения нефтяных скважин с помощью струйных аппаратов на месторождениях Западной Сибири: Автореф. дис. канд. тех. наук. – Тюмень, 2008. – 22 с.
13. Разработка нефтяных и газовых месторождений: учеб. пособие / А. К. Ягафаров [и др.]. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 396 с.
14. Пат. РФ № 2179631 РФ МКИ E21B43/25, 49/00. № 2001105231/03. Способ освоения, исследования скважин и интенсификации нефтегазовых притоков, осуществление водоизоляционных работ, устройство для его осуществления / Шлеин Г. А., Лыткин А. Э., Газимов Р. Р., Сафиуллин Р. И., Прохоров Н. Н., Бриллиант Л. С.; заявл. 23.02.01; опубл. 20.02.02, Бюл. № 5.
15. Теория и практика строительства боковых стволов в нефтяных скважинах: Освоение и исследование струйными аппаратами / И. И. Клещенко [и др.]. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 352 с.
16. Matthews C. S., Russell D. G. Pressure Build-Up and Flow Tests in Wells: Monograph Series, Society of Petroleum Engineers. Dallas, 1967. – 172 p.
17. Van Poollen H. K. Status of Drill-Stem Testing Techniques and Analysis // Journal of Petroleum Technology. – 1961. – Vol. 13, Issue 04. – P. 333–339. DOI: 10.2118/1647-G-PA
18. Оценка состояния прискважинной зоны отремонтированных скважин скин-фактором / Е. В. Лукаш [и др.] // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015. – № 1. – С. 33–39. DOI: 10.31660/0445-0108-2015-1-33-39

19. McAlister J. A., Nutter B. P., Lebourg M. A New System of Tools for Better Control and Interpretation of Drill-Stem Tests // Journal of Petroleum Technology. – 1965. – Vol. 17, Issue 02. – P. 207–214. DOI: 10.2118/965-PA
20. Edwards A. G., Winn R. H. A Summary of Modern Tools and Techniques Used in Drill Stem Testing. – Halliburton Services, Duncan, Oklahoma, 1973.
21. Testers J. Review of Basic Formation Evaluation. Houston, Texas, 1965. – 2 p.

References

1. Yagafarov, A. K., Fedortsov, V. K., Telkov, A. P., & Shlein, G. A. (2006). Gidrodinamicheskie issledovaniya malodebitnykh neftnykh skvazhin. Tyumen, Vektor Buk Publ., 352 p. (In Russian).
2. Shlein, G. A., Yagafarov, A. K., Fedortsov, V. K., & Kleshchenko, I. I. (2011). Osvoenie i issledovanie neftnykh skvazhin struynymi apparatami. Tyumen, Vektor Buk Publ., 192 p. (In Russian).
3. Sokolov, E. Ya., & Zinger, N. M. (1989). Struynye apparaty. 3rd edition, revised. Moscow, Energoatomizdat Publ., 352 p. (In Russian).
4. Shlein, G. A., Gazimov, R. R., & Iripkhanov, R. D. (2000). Primenenie vibratsionno-tsiklicheskh metodov intensifikatsii pritokov i vosstanovleniya priemistosti pri osvoenii skvazhin. Oil Industry, (9), pp. 76-79. (In Russian).
5. Fedortsov, V. K., Yagafarov, A. K., & Klevtsov, A. P. (1988). Prakticheskie ukazaniya po ispytaniyu poiskovykh i razvedochnykh skvazhin na neft' i gaz. Chast' 2. Osvoenie skvazhin, intensifikatsiya pritokov iz porovykh kollektorov. Tyumen, Glavtyumen'geologiya; ZapSibBurNI-PI, 365 p. (In Russian).
6. Yagafarov, A. K., Kuramshin, R. M., & Demichev, S. S. (2000). Intensifikatsiya pritokov nefti iz skvazhin na mestorozhdeniyakh Zapadnoy Sibiri. Tyumen, Slovo Publ., 223 p. (In Russian).
7. Drozdov, A. N. (2008). The Technology and technique of oil production by submergible pumps in the complicated conditions. Moscow, MAKSS Press Publ., 309 p. (In Russian).
8. Fedortsov, V. K., Zamakhaev, V. S., & Ametov, I. K. (1985). Optimizatsiya usloviy intensifikatsii pritokov nefti iz granulyarnykh kollektorov. Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya skvazhin na mestorozhdeniyakh Zapadnoy Sibiri. Trudy ZapSibNIGNI, (66). Tyumen, pp. 70-80. (In Russian).
9. Shlein, G. A., Kalinchuk, A. N., Grechkan, A. V., Volgin, D. F., & Mirabdullaev, A. A. (2018). Opyt primeneniya struynykh nasosov pri ispytanii kollektorov v Nepsko-Botuobinskoy oblasti. Young Scientist, (24(210)), pp. 90-92. (In Russian).
10. Orlov, D. G., Terikov, V. A., & Drozdov, A. N. (2003). Promyslovye ispytaniya eksperimental'nykh obraztsov bespakernoy komponentki gidrostruynogo nasosa s dvukhryadnym liftom na Samotlorskom mestorozhdenii. Oilfield Engineering, (11), pp. 20-24. (In Russian).
11. Yagafarov, A. K., Fedortsov, V. K., Shlein, G. A., Gornostaev, S. N., & Aleskerov, S. M. (2004). The technological feasibility of studying the rheological properties of oil-saturated systems in a weakly permeable reservoir. Oil Industry, (12), pp. 58-60. (In Russian).
12. Shlein, G. A. (2008). Sovershenstvovanie i razrabotka novykh tekhnologiy osvoeniya neftnykh skvazhin s pomoshch'yu struynykh apparatov na mestorozhdeniyakh Zapadnoy Sibiri. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. Tyumen, 22 p. (In Russian).
13. Yagafarov, A. K., Kleshchenko, I. I., Zozulya, G. P., Zeygman, Yu. V., Rogachev, M. K., & Shlein, G. A. (2010). Razrabotka neftnykh i gazovykh mestorozhdeniy. Tyumen, Tyumen State Oil and Gas University Publ., 396 p. (In Russian).
14. Shlein, G. A., Lytkin, A. E., Gazimov, R. R., Safiullin, R. I., Prokhorov, N. N., & Brilliant, L. S. Sposob osvoeniya, issledovaniya skvazhin i intensifikatsii neftegazovykh pritokov, osushchestvlenie vo-doizolyatsionnykh rabot, ustroystvo dlya ego osushchestvleniya. Pat. RF No 2179631 RF MKI E21V43/25, 49/00. No 2001105231/03. Applied: 23.02.01. Published: 20.02.02, Byul No 5. (In Russian).
15. Kleshchenko, I. I., Shenberger, V. M., Shlein, G. A., Yagafarov, A. K., Leontiev, D. S., & Popova, Zh. S. (2015). Teoriya i praktika stroitel'stva bokovykh stvolov v neftnykh skvazhinakh: Osvoenie i issledovanie struynymi apparatami. Tyumen, Tyumen State Oil and Gas University Publ., 352 p. (In Russian).

16. Matthews, C. S., & Russell, D. G. (1967). Pressure Build-Up and Flow Tests in Wells: Monograph Series, Society of Petroleum Engineers. Dallas, 172 p. (In English).
17. Van Poolen, H. K. (1961). Status of Drill-Stem Testing Techniques and Analysis. Journal of Petroleum Technology, 13(04), pp. 333-339. (In English). DOI: 10.2118/1647-G-PA
18. Lukash, E. B., Shlein, G. A., Kustyshev, A. V., & Kalimulina L. B. (2015). Evaluation of the state of the repaired well near bottomhole zone by skin-factor. Oil and Gas Studies, (1), pp. 33-39. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2015-1-33-39
19. McAlister, J. A., Nutter, B. P., & Lebourg, M. A (1965). New System of Tools for Better Control and Interpretation of Drill-Stem Tests. Journal of Petroleum Technology, 17(02), pp. 207-214. (In English). DOI: 10.2118/965-PA
20. Edwards, A. G., & Winn, R. H. (1973). A Summary of Modern Tools and Techniques Used in Drill Stem Testing. Halliburton Services, Duncan, Oklahoma. (In English).
21. Testers, J. (1964). Review of Basic Formation Evaluation. Houston, Texas, 2 p. (In English).

Сведения об авторах

Шлеин Геннадий Андреевич, к. т. н., доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Клещенко Иван Иванович, д. г.-м. н., профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Балуев Анатолий Андреевич, к. т. н., доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: baluevaa@tyuiu.ru

Семененко Анастасия Федоровна, ассистент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Information about the authors

Gennady A. Schlein, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Drilling Oil and Gas Wells, Industrial University of Tyumen

Ivan I. Kleshchenko, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Drilling Oil and Gas Wells, Industrial University of Tyumen

Anatoly A. Baluev, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Drilling Oil and Gas Wells, Industrial University of Tyumen, e-mail: baluevaa@tyuiu.ru

Anastasia F. Semenenko, Assistant at the Department of Drilling Oil and Gas Wells, Industrial University of Tyumen