

УДК 622.276.8

## О КУСТОВОМ СБРОСЕ И УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНО ДОБЫВАЕМОЙ ВОДЫ

### MULTIPLE WELL RESET AND DISPOSAL OF ASSOCIATED WATER

Ишемгузин Е.И., Шаякберов Э.В., Шаякберов В.Ф.  
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация

E.I. Ishemguzhin, E.V. Shayakberov, V.F. Shayakberov  
FSBEI NPE “Ufa state petroleum technological university”, Ufa, Russian Federation  
LLC “RN-UfaNIPIneft”, Ufa, Russian Federation

e-mail: shayakberov@hotmail.fr

**Аннотация.** Ранний предварительный сброс и утилизация попутно добываемой воды наиболее эффективно осуществляется, начиная непосредственно с кустов скважин с применением кустовых установок сброса воды (КУСВ). При этом по возможности сброшенная вода должна закачиваться в тот пласт, из которого она была добыта. Следует отметить, что поскольку каждый куст индивидуален по дебиту продукции, её физико-химическим свойствам и технологическим параметрам, то каждая такая установка должна рассчитываться индивидуально.

С учётом многофакторности ситуаций эксплуатации (в частности, рабочие параметры куста, размещение, климатическое исполнение) определены концептуальные условия применения кустовых установок сброса воды. Теоретическими исследованиями и промысловыми испытаниями обоснован новый вид сепарационных установок – скважины для сброса воды, обеспечивающие сброс воды с качеством, удовлетворяющим геологическим условиям пласта.

**Abstract.** Early preliminary reset and disposal of associated water is most effectively done, starting directly from the well clusters using cluster systems discharge water (KUSV). At the same time possibly dropped water must be pumped into the stratum from which it was produced. It should be noted that since each plant will be debited to the individual products and their physical and chemical properties and technological parameters, each such installation must be calculated individually.

Given the comprehensiveness of situations of exploitation (in particular, the operating parameters of the bush, location, climatic version) defined conceptual conditions of use cluster systems discharge water. With theoretical researches and field tests justify

a new type of separation systems - wells for water discharge providing discharge of water with the quality satisfying the conditions of the geological formation.

**Ключевые слова:** скважина, куст скважин, дебит, сброс, нефть, газ, вода

**Keywords:** well, well cluster, discharge, dumping, oil, gas, water

Низкие дебиты нефти и высокая (до 90% и более) обводненность продукции скважин характерны для нефтяных месторождений, находящихся на третьей и более поздней стадиях разработки. Это требует создания технологий и технических средств, которые направлены на обеспечение раннего сбора и утилизации пластовых вод как главной меры по сокращению объёмов перекачек и площади поверхности агрессивной коррозии [1,2].

При этом нужно использовать по мере разработки и обустройства месторождений существующее, но выведенное из эксплуатации оборудование по новому назначению.

Ранний предварительный сброс и утилизацию попутно добываемой воды наиболее эффективно осуществлять, начиная непосредственно с кустов скважин с использованием кустовых установок сброса воды (КУСВ). При этом по возможности сброшенная вода должна закачиваться в тот пласт, из которого она была добыта. Следует отметить, что поскольку каждый куст индивидуален по дебиту продукции, её физико-химическим свойствам и технологическим параметрам, то каждая такая установка должна рассчитываться индивидуально. К КУСВ предъявляются следующие основные требования: обводненность добываемой сырой нефти более 80%; сброшенная вода должна быть пригодна к закачке в пласт без дополнительной доочистки; количество сброшенной воды не должно превышать приёмистость нагнетательной скважины на кусте (или водовода); работа должна осуществляться при давлении, существующем в системе сбора в 4,0 (2,5) МПа.

Кроме перечисленных выше основных требований, КУСВ дополнительно должна удовлетворять следующим условиям: автономность работы и простота эксплуатации; низкая стоимость обслуживания; минимальная занимаемая площадь под установку, не требующая дополнительного землеотвода; простота тиражирования установки за счет унификации с целью упрощения и удешевления внедрения, а также сокращения времени строительства; минимальная длина дополнительных трубопроводов при её строительстве и низкая стоимость внедрения.

В соответствии с данными требованиями и условиями использование в качестве КУСВ ёмкостного оборудования или трубных водоотделителей (ТВО) вряд ли возможно, так как они занимают большую площадь, что, скорее всего, потребует дополнительного землеотвода. Кроме того, такие установки имеют большую металлоёмкость и высокую стоимость. Ещё одним недостатком является то, что ТВО может работать при давлении не более 1,4 МПа [3].

Было предложено использовать в качестве корпуса КУСВ скважины [4], выведенные из эксплуатации, организовав из них скважины для сброса воды (ССВ). Сепарация осуществляется с использованием гидроциклонного и гравитационного эффектов. При диаметре обсадной колонны 146 мм расчётная производительность по жидкости соответственно составляет до 800 м<sup>3</sup>/сут. и до 100 м<sup>3</sup>/сут [5]. Но использование гидроциклонного разделения требует значительного усложнения оборудования, вызванного необходимостью обеспечения подачи меняющейся в узком диапазоне по скорости на входе. Поэтому были выбраны гравитационные установки. Так как у ССВ рабочая часть расположена глубже уровня промерзания почвы, то практически исключается возможность замерзания. Кроме того, этим обеспечивается почти постоянная температура рабочего процесса в течение года. Если на кусте нет скважины нужного диаметра, то в качестве корпуса ССВ следует использовать шурф. Установка сброса воды в скважинном исполнении занимает минимальную площадь и не требует дополнительного землеотвода. При этом она обеспечивает требуемое качество сбрасываемой воды за счет создания слоя жидкости большой толщины. ССВ обеспечивает автономность работы и простоту обслуживания, что должно обусловить низкую стоимость эксплуатации. Так как в качестве корпуса ССВ используются обсадные трубы стандартных диаметров, то это дает возможность унификации установок сброса. Этим обеспечиваются низкие стоимость и сроки внедрения.

Ориентировочная производительность по жидкости ССВ в зависимости от диаметра составляет от 100 до 1800 м<sup>3</sup>/сутки [5], что достаточно для их применения на большинстве существующих кустов скважин. В случае больших объёмов перекачиваемой жидкости на кусте можно использовать 2 и более ССВ. В сброшенной воде содержится остаточная нефть и механические примеси. Последние, как более плотные, оседают на пакер ССВ. Допустимое содержание нефти в закачиваемой воде определяется геологическими условиями пласта.

В настоящее время в ОАО «НК «Роснефть» строятся ССВ проектной производительностью по жидкости от 130 до 2800 м<sup>3</sup>/сут. Некоторые из эксплуатирующихся ССВ показаны на рисунке 1. Из них сброшенная вода, удовлетворяющая по качеству геологическим условиям пласта, поступает в соответствующие нагнетательные скважины. Только в первом случае (рисунок 1 а) закачка осуществляется насосом - «перевёртышем», а во втором (рисунок 1 б) – УЭЦН, подвешенный на внутренней колонне ССВ, создает давление, достаточное для закачки в пласт. Для ООО «РН-Юганскнефтегаз» с учётом их специфики запланирован третий способ осуществления закачки – транспортировка подтоварной воды под собственным давлением со ССВ на кустовую насосную станцию на расстояние до 3 км. Также такие установки эксплуатируются в ОАО «АНК «Башнефть». Например, в ССВ, находящейся на Имянлекуловской площади Манчаровского месторождения, содержание остаточных нефтепродуктов в сброшенной воде не превышает 10 мг/л, а механических примесей – 7-12 мг/л (рисунок 1). [6].

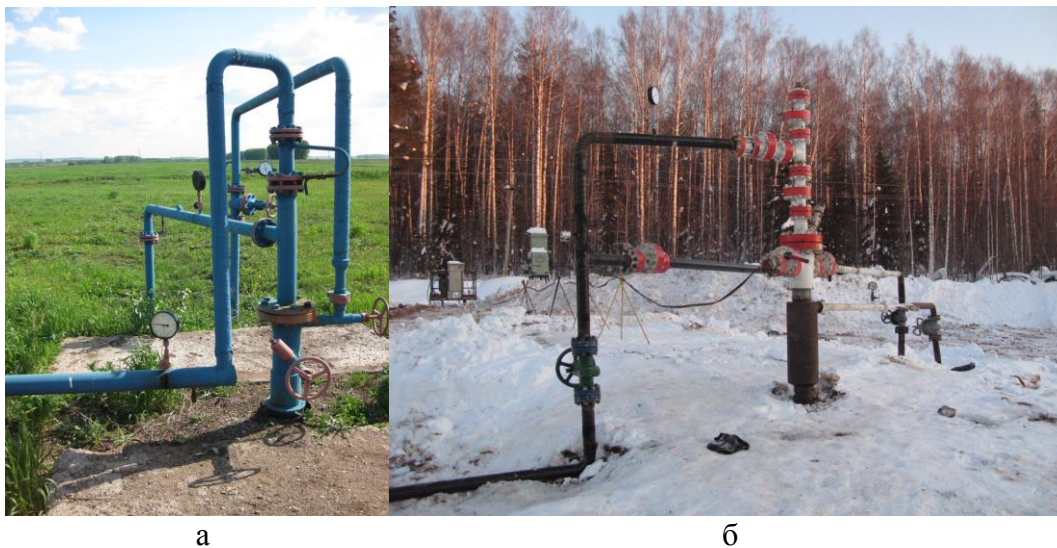


Рисунок 1. Скважины для сброса воды (ССВ):  
1а – насос – «перевертыш»; 1б – УЭЦН подвешенный на внутренней колонне ССВ

Полученная на выходе из ССВ вода должна быть пригодна для закачки в пласт без её доочистки. Поэтому требуются методики оценки качества сбрасываемой воды на стадии проектирования.

Механические примеси в ССВ оседают на пакер. Допустимое содержание остаточной нефти в сброшенной воде определяется геологическими условиями пласта. Распределение капель нефти по размерам описывается законом, обычно нормальным. При сбросе воды в ней останутся только те капли нефти, скорость всплытия которых меньше вертикальной скорости стекания воды в рабочей части – они не успевают всплыть и увлекаются потоком. По скорости всплытия капель нефти в воде, закону распределения, количеству сбрасываемой воды и внутренней геометрии рабочей части оценивается качество сброшенной воды. Важным критерием качества воды является содержание твердых взвешенных частиц.

Рабочую часть ССВ можно охарактеризовать безразмерными симплексами и комплексами, которые выведены после приведения математической модели сепарации в ней к безразмерному виду. В качестве них предложено использовать [2] критерий подобия и безразмерный симплекс – относительную длину (калибр)  $\bar{L} = L/D$  ( $L$ ,  $D$  – соответственно длина внутренней колонны и диаметр обсадной трубы), а также обобщенный параметр  $R = Cr * \bar{L}$ . Критерий подобия  $Cr$  равен:

$$Cr = \frac{Q_{ж} \tau}{D^3},$$

где  $Q_{ж}$  – объёмный расход жидкости,  $\tau$  – характерное время разрушения эмульсии.

Скорость стекания сбрасываемой воды по стволу скважины выбирается так, чтобы не смогли всплыть и оставшиеся в ней нефтепродукты содержались в

количестве, удовлетворяющем геологическим условиям. Но определить на практике истинный закон распределения капель не всегда представляется возможным. Поэтому для оценки качества воды предложено использовать обобщенный параметр  $R$ , причем достаточное качество воды достигается при  $R \geq R_{\text{опт}}$ . Оптимальное значение обобщенного параметра  $R_{\text{опт}}$  определяется индивидуально [7].

ССВ позволяют провести децентрализацию сброса пластовых вод, что дает новые возможности для организации гибких локальных систем ППД с дифференцированной очисткой вод. При регулировании и управлении рабочим процессом ССВ предполагается использование трубной обвязки, с помощью которой на выходе измеряются количество нефти и газа, а также обводненность. Дополнительно возможна установка расходомера на водной линии.

В ОАО «Удмуртнефть» первая ССВ построена на скважине № 389 Мишкинского месторождения [7]. Установка обвязана с существующим нефтесбором с ГЗУ-31в и нагнетательной скважиной № 1806. Жидкость из нефтесбора подается на установку, где происходит центробежная сепарация и гравитационный отстой воды, частично обезвоженная нефть через ГЗУ-31в возвращается в нефтесбор, а сброшенная вода УЭЦН под давлением закачивается в нагнетательную скважину. Производительность ССВ по жидкости составляет 174 м<sup>3</sup>/сут., объем предварительного сброса – 40 м<sup>3</sup>/сут. Снижение давления в нефтесборе составило 0,9 атм. Получен прирост добычи нефти и увеличение давления закачки по нагнетательной скважине № 1806. Таким образом, при инвестициях 1 674,4 тыс. руб. удалось добиться индекса прибыльности 6,4 при сроке окупаемости 0,62 года.

Например, перспективы применения технологии ССВ на месторождениях ОАО «Удмуртнефть» показывают потребность в 25 подобных установках, из них [7]:

- для разгрузки систем сбора, транспорта подготовки нефти и закачки воды – 6 установок;
- для перевода системы ППД с пресной на пластовую воду – 16 установок;
- для отказа от использования водозаборных скважин для закачки в систему ППД – 3 установки.

## **Выводы**

На примере двух кустов скважин месторождений ОАО «Удмуртнефть» и ОАО «ГНК-ВР» проведён расчет экономической эффективности применения технологии ССВ. Показано, что её применение окупается за 1,34 года в ОАО «Удмуртнефть», а стоимость существенно ниже, чем при применении ёмкостного оборудования (в ОАО «ГНК-ВР»). Под строительство пилотной ССВ производительностью по жидкости до 2800 м<sup>3</sup>/сутки выбран и согласован куст скважин № 57а Мамонтовского месторождения ООО «РН-Юганскнефтегаз».

## Литература

1. О модернизации старых нефтяных месторождений Западной Сибири и комплексном проектировании их разработки и обустройства / Соколов С.М. и др. // Нефтяное хозяйство. 2009. № 11. С. 120-123.
2. Шаякберов В.Ф., Исмагилов Р.Р. и др. Новые технологии модернизации обустройства старых нефтяных месторождений. // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». 2010. № 1. С. 8–11.
3. РД 39-004-90. Руководство по проектированию и эксплуатации сепарационных узлов нефтяных месторождений, выбору и компоновке сепарационного оборудования. Уфа: ВНИИСПТнефть, 1990. 62 с.
4. Патент 2252312 Российская Федерация, МПК E21B43/38. Сепарационная установка / Н.Р. Рамазанов и др. – № 2003112909/03; заявл. 18.04.2003; опубл. 20.05.2005; Бюл. 14. – 4 с.
5. Шаякберов В.Ф. Скважинная установка сброса воды для кустов скважин. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2009. № 3. С. 15–16.
6. Хасанов Ф.Ф., Исланова Г.Ш., Зейгман Ю.В. Скважинные установки предварительного сброса попутно добываемых вод // Нефтегазовое дело. 2006. Т. 4. № 1. С. 91-94.
7. Технология предварительного кустового сброса воды с использованием выведенных из эксплуатации скважин / Шаякберов В.Ф. и др. // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». 2011. № 3. С. 36–37.

## References

1. O modernizacii staryh neftjanyh mestorozhdenij Zapadnoj Sibiri i kompleksnom proektirovanii ih razrabotki i obustrojstva / S.M. Sokolov, V.A. Gorbatikov, M.Ju. Tarasov, I.Z. Fahretdinov // Neftjanoe hozjajstvo. 2009. № 11. S. 120-123. [in russian].
2. Shajakberov V.F., Ismagilov R.R. i dr. Noveye tehnologii modernizacii obustrojstva staryh neftjanyh mestorozhdenij. // Nauchno-tehnicheskij vestnik ОАО «НК «Rosneft'». 2010. № 1. S. 8–11. [in russian].
3. RD 39-004-90. Rukovodstvo po proektirovaniju i jekspluatacii separacionnyh uzlov neftjanyh mestorozhdenij, vyboru i komponovke separacionnogo oborudovanija. – Ufa: VNIISPT-neft', 1990. 62 s. [in russian].
4. Patent 2252312 Rossijskaja Federacija, MPK E21B43/38. Searacionnaja ustanovka / N.R. Ramazanov, V.F. Shajakberov i dr. – № 2003112909/03; zajavl. 18.04.2003; opubl. 20.05.2005; Bjul. 14. 4 s. [in russian].

5. Shajakberov V.F. Skvazhinnaja ustanovka sbrosa vody dlja kustov skvazhin. // *Oborudovanie i tehnologii dlja neftegazovogo kompleksa*. 2009. № 3. S. 15–16. [in russian].
6. Hasanov F.F. Islanova G.Sh., Zejgman Ju.V. Skvazhinnye ustanovki predvaritel'nogo sbrosa poputno dobyvaemyh vod // *Neftegazovoe delo*. 2006. T. 4. № 1. S. 91-94. [in russian].
7. Tehnologija predvaritel'nogo kustovogo sbrosa vody s ispol'zovaniem vyvedennyh iz jeksplatacii skvazhin. /Shajakberov V.F. i dr. // *Nauchno-tehnicheskij vestnik OAO «NK «Rosneft'»*. 2011. № 3. S. 36–37. [in russian].

### **Сведения об авторах**

Ишемгузин Е.И., д-р техн. наук, профессор кафедры “Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений” ФБГОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

E.I. Ishemguzhin, Ph.D., prof. of chair “Exploration and development of oil and gas fields”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, Russian Federation  
e-mail: ishemguzhin@yandex.ru

Шаякберов Э.В., студент гр. БГР-12-03, ФБГОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

E.V.Shayakberov, student of group BGR-12-03, FSBEI HPE USPTU, Ufa, Russian Federation  
e-mail: shayakberov@hotmail.fr

Шаякберов В.Ф. канд. техн. наук., главный научный сотрудник, ООО «РН-УфаНИПИнефть», г. Уфа, Российская Федерация

V.F.Shayakberov, Ph.D., senior researcher of LLC “RN-UfaNIPIneft”, Ufa, Russian Federation  
e-mail: ShayakberovVF@ufanipi.ru