

УДК 622.276.8

**ОБ ОЦЕНКЕ СОВМЕСТИМОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА ДЛЯ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ**

**COMPATIBILITY EVALUATION OF EXISTING TECHNIQUES AND MEANS  
OF OIL AND GAS PRODUCTION DURING FINAL STAGE OF  
DEVELOPMENT**

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

E.V. Shayakberov, E.I. Ishemguzhin, 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.** Оценка совместимости существующих технологий и технических средств системы добычи нефти и газа для месторождений поздней стадии разработки и её влияние на выходные параметры – количество добытой нефти и газа, является актуальной проблемой. Её успешное решение возможно при осуществлении достоверного поскважинного контроля и учета добычи.

Для этого предложена существующая система добычи и сбора с учётом меняющихся показателей эксплуатации месторождений разбивается на дополнительные системные модули: «пласт – скважина с глубинным оборудованием – нефтегазопровод для транспортировки продукции скважин – установка предварительного сброса воды (УПСВ) – нагнетательная установка, водовод и нагнетательная скважина».

Разработана система добычи и сбора нефти и газа, в которую впервые введён кустовой сброс и утилизация попутно добываемой воды, представленной в качестве нескольких модулей. Это позволяет осуществить её функциональную адаптацию к естественно меняющимся условиям разработки месторождений путём рациональной трансформации применяемых технологий и состава предложенных технических средств.

**Abstract.** Compatibility of existing techniques and means of the oil and gas fields for late-stage development and its effect on the output parameters - the number of

produced oil and gas is an urgent problem. Its successful solution is possible when carrying out significant well-to-well control and accounting of production.

For this proposed current system of extraction and collection to the changing parameters of the fields is divided into additional system modules "formation - well with the deep equipment - oil and gas pipeline to transport production wells – plant for preliminary water discharge (UPSV) - Pressure system, water line and injection well".

Developed a system of mining and oil and gas gathering, in which was first introduced in the multiple well reset and disposal of produced water, as shown in several modules. This allows its functional adaptation to the changing conditions of natural field development through the rational transformation of the technologies used and the composition of the proposed technical means.

**Ключевые слова:** месторождение, разработка, скважина, нефть, вода, газ, дебит, поскважинный контроль, трудноизвлекаемые запасы.

**Keywords:** field, working out, well, oil, water, gas and flow rate, well-to-well control, hard-to-extract reserves.

В настоящее время значительная часть нефтяных месторождений находится на третьей и более поздней стадиях разработки, характеризующихся низкими дебитами нефти и высокой (до 90% и более) обводненностью продукции скважин. Поэтому требуется разработка новых технологий и технических средств для осуществления добычи и сбора нефти и газа, адаптированных к месторождениям поздней стадии разработки.

Проблемы совершенствования систем обустройства нефтяных месторождений на поздних стадиях разработки тесно связаны с общими направлениями улучшения технологических схем обустройства. Основными востребованными на практике технологиями и техническими средствами для внедрения на современном этапе развития нефтедобычи являются те, которые направлены на [1,2]:

- обеспечение раннего сбора и утилизации пластовых вод как главной меры по сокращению объёмов перекачек и фронта агрессивной коррозии;
- организацию достоверного поскважинного контроля и учёта добычи как основы всей системы рационального недропользования;
- введение мер по учету, сохранению и утилизации попутного газа в промысловых условиях;
- создание управляемых систем отборов и воздействий на пласт как основной меры обеспечения эффективной разработки месторождений со сложной структурой и трудноизвлекаемыми запасами.

При этом требуется теоретическое обоснование создаваемых для решения данных задач технологий и технических средств. Также нужно использовать по мере разработки и обустройства месторождений существующее, но выведенное из эксплуатации оборудование по новому назначению.

Поэтому оценка совместимости существующих технологий и технических средств системы добычи нефти и газа для месторождений поздней стадии разработки и её влияние на выходные параметры – количество добытой нефти и газа, является актуальной проблемой. Её успешное решение возможно при осуществлении достоверного поскважинного контроля и учета добычи.

Проведённый анализ существующих внутрипромысловых технологий и возможностей их адаптации к меняющимся условиям эксплуатации месторождений показал, что на современном этапе развития нефтедобычи главными из требующихся технологий и технических средств для проведения улучшения сбора нефти и газа на месторождениях поздней стадии разработки являются те, которые направлены на:

- обеспечение раннего сбора и утилизации пластовых вод;
- организацию достоверного поскважинного контроля и учета добычи;
- введение мер по учету, сохранению и утилизации нефтяного газа в промысловых условиях;
- формирование управляемых систем отборов и воздействий на пласт.

При этом нужна оценка совместимости существующих технологий и технических средств системы добычи нефти и газа, а также её влияния на выходные параметры (количество добытых нефти и газа при изменяющихся с течением времени условий разработки).

Для этого предложена существующая система добычи и сбора с учётом меняющихся показателей эксплуатации месторождений разбивается на дополнительные системные модули: «пласт – скважина с глубинным оборудованием – нефтегазопровод для транспортировки продукции скважин – установка предварительного сброса воды (УПСВ) – нагнетательная установка, водовод и нагнетательная скважина». Дополнительно она содержит нефтегазопровод для транспортировки частично обезвоженной нефти и газа с УПСВ на центральный пункт сбора. При оценке факторов, влияющих на технологический процесс, предложенная блочная система добычи и сбора рассматривается как единая технологическая структура, так как изменения, направленные на улучшение работы отдельного блока, не обязательно положительно сказываются на работе системы в целом. Поэтому при внесении изменений в технологии или технические средства какого-либо блока нужно оценивать их влияние на соседние блоки, а лучше – на всю систему. Иногда некоторые блоки могут быть исключены. Для решения требуется разработка математических моделей технологий и технических средств системы добычи нефти и газа.

На практике система добычи и сбора дополняется измерительными и управляющими устройствами. Но они непосредственно не участвуют в технологическом процессе и не включаются в качестве отдельных блоков.

Для формирования управляемых систем отборов и воздействий на пласт исследованы технические средства для повышения наработки на отказ установок электрических центробежных насосов (УЭЦН) в скважинах с предельными угла-

ми наклона и интенсивностью искривления ствола [3-5]. Изучены оценки диагностики работающего глубинного оборудования [6]. Проведён анализ потенциала повышения рабочих параметров газового сепаратора УЭЦН [7]. Рассмотрена возможность сокращения времени испытаний штанг глубинного насоса [8].

Ранний сбор и утилизацию пластовых вод следует осуществлять, начиная с кустов скважин, посредством кустовых [9,10] и путевых установок сброса воды. При этом нужно учитывать влияние их параметров, в частности, секции наклонных колонн трубных водоотделителей [11-13], на сброс пластовых вод.

Следует стремиться к тому, чтобы разработанные технологии и технические средства прошли опытно-промысловую (или подконтрольную) эксплуатацию для проверки их воздействия на совершенствование добычи и сбора нефти и газа. По возможности испытания следует проводить на месторождениях поздней стадии разработки.

Основой всей системы рационального недропользования является организация достоверного поскважинного контроля и учета добычи нефти и газа. Проведённый анализ показал, что существующие групповые замерные установки (ГЗУ) с периодическими замерами дебитов скважин недостаточно точны, не оперативны и не обеспечивают достоверности результатов, по сути, они являются индикаторными, а не измерительными установками. Поэтому они не позволяют получать достоверные данные о дебите скважин, что вносит сложности при проведении мероприятий по повышению эффективности блока «добывающая скважина с устройством добычи». Доказано, что относительная погрешность измерения дебита любой скважины куста всегда больше относительной погрешности (по паспорту) ГЗУ [14,15]. Входящие в их состав ёмкости требуют регистрации как сосуды, работающие под давлением. Показано, что при этом во время заполнения нижняя ёмкость работает как водонефтяной сепаратор, который вносит сложности при определении содержания нефти. Ведь устанавливаемый в них на сливной линии влагомер замеряет текущую местную обводнённость, уменьшающуюся по мере опорожнения [16].

Теоретически и экспериментально установлено [14-16], что постоянная и не зависящая от дебита относительная погрешность по объёму добываемой жидкости достигается использованием трубной обвязки, периодическое заполнение которой обеспечивается датчиками уровня, фиксирующими объём заполнения и удаления газа.

Для совершенствования замера дебитов, как отдельных скважин, так и их кустов с учётом выявленных нами недостатков разработаны два технических средства измерения количества нефти и газа, выполненные в виде трубопроводной обвязки [17,18]. Универсальность обеспечивается за счет перехода к другим диапазонам измерений без существенных изменений конструкции и применяемого оборудования. Минимальное количество движущихся частей обеспечивает их высокую надёжность.

Первое техническое средство для измерения [17] основано на истечении жидкости через калиброванное отверстие и работает только на объёмном способе измерения количества жидкости. Дополнительная универсальность (кроме изменения диаметров трубы) обеспечивается её оснащением набором быстросъёмных пробок с калиброванными отверстиями разной площади. Предусмотрена возможность периодической продувки. Ограничение применения данной технологии обусловлено тем, что при большой обводнённости поток через калиброванное отверстие может быть неоднородным из-за разных вязкостей нефти и воды.

Более широкими возможностями обладает вторая [18] трубная обвязка для измерения количества нефти и газа (ТрИУ). Она при длине рабочей части 1,3 м обеспечивает высокую точность измерения объёмного расхода жидкости, в несколько раз превышающую точность обычных установок и не зависящую от дебита [14-16]. При этом измеряется интегральная, а не местная обводнённость.

Установка для её реализации проста в изготовлении и обслуживании, а также достаточно надёжна, так как содержит всего две движущиеся детали. Мерная часть выполнена быстросъёмной, что позволяет производить её очистку в условиях промысла. Данная технология позволяет производить измерение количества и обводнённости как обычных, так и высоковязких нефтей. В то же время существующие ГЗУ количество высоковязких нефтей измерить не могут.

## **Выводы**

В ходе заводских испытаний ТрИУ показала соответствие заявляемым расчетным параметрам – относительная погрешность по количеству жидкости менее 0,8 % независимо от дебита, а основная абсолютная погрешность определения обводнённости менее 1,0 %.

Справедливость полученных результатов при внедрении технологии в ОАО «НК «Роснефть»» по поручению ООО «РН-Юганскнефтегаз» подтверждена ООО «РН-Информ», которое дополнительно отметило преимущества ТрИУ перед ГЗУ:

- относительно малые габариты (за счет отсутствия сепаратора);
- возможность использования на одиночных скважинах;
- отсутствие подвижных частей.

## 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. Новые технологии модернизации обустройства старых нефтяных месторождений /Шаякберов В.Ф.Р. и др. // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». 2010. № 1. С. 8–11.
3. Шаякберов В.Ф., Янтурин Р.А. О расширении возможностей УЭЦН. // Нефтепромысловое дело. 2009. № 3. С. 27–28.
4. Новая технология эксплуатации УЭЦН в искривлённых скважинах. // Химическое и нефтегазовое машиностроение /Шаякберов В.Ф. и др. 2010. № 5. С. 31–32.
5. New technology of electric centrifugal pump operating in deviated wells. /Shayakberov V.F. and others. // Chemical and petroleum engineering. (USA). 2010. Vol. 46. Numbers 5-6. Pp. 295 –297.
6. Патент 2295639 Российская Федерация, МПК E21B47/00. Способ диагностики целостности металлической колонны / В.Ф. Шаякберов и др. – № 2004119598/03; заявл. 28.06.2004; опубл. 20.03.2007; Бюл. 8. – 5 с.
7. Патент 2193117 Российская Федерация, МПК F04D13/10, E21B43/38. Газовый сепаратор скважинного центробежного насоса / Р.И. Козлов и др. – № 2000123946/06; заявл. 18.09.2000; опубл. 20.11.2002; Бюл.32. – 4 с.
8. Патент 2284494 Российская Федерация, МПК G01M13/00. Способ стендовых испытаний натуральных образцов штанг и моделей штанг на усталостную прочность / В.Ф. Шаякберов и др. – № 2004131394/28; заявл. 27.10.2004; опубл. 27.09.2006; Бюл. 27. – 7 с.
9. Шаякберов В.Ф. Установки раннего предварительного сброса и утилизации пластовых вод с использованием выведенных из эксплуатации скважин // Нефтесервис. 2011. № 4. С. 42–44.
10. Шаякберов В.Ф. Об основных требованиях к установкам сброса воды для кустов скважин. // Нефтепромысловое дело. 2012. № 4. С. 39–42.
11. Патент 2324518 Российская Федерация, МПК B01D19/00 . Способ экспериментального определения параметров трубной сепарационной установки / В.А. Фролов и др. – № 2006110913/15; заявл. 04.04.2006; опубл. 20.05.2008; Бюл. 14. – 11 с.
12. Патент 2334540 Российская Федерация, МПК B01D17/00. Способ определения параметров трубной сепарационной установки / В.А. Фролов и др. – № 2005137886/03; заявл. 05.12.2005; опубл. 27.09.2008; Бюл. 27. – 7 с.
13. Шаякберов В.Ф. О расчете трубной обвязки со сбросом воды. // Инженерная физика. 2010. № 5. С. 3–5.

14. Шаякберов В.Ф. Установки для измерений количества нефти и нефтяного газа для скважин и их кустов. // Измерительная техника. 2011. № 11. С. 26–30.

15. Shayakberov V.F. Test units for measurements of the quantity of petroleum and petroleum gas for wells and well clusters. // Measurement Technique. (USA) 2012. Vol. 54, № 11. February. Pp. 1249–1255.

16. Шаякберов В.Ф. Совершенствование технологии поквацинного контроля и учета добычи продукции. // Нефтегазовое дело: электрон. журн. (Уфа). 2012. № 3. С. 4–15.

17. Патент 2307249 Российская Федерация, МПК E21B47/10, G01F1/74. Устройство для измерения дебита продукции нефтяных скважин / В.А. Фролов и др. – № 2005137937/03; заявл. 05.12.2005; опубл. 27.09.2007; Бюл. 27. – 8 с.

18. Патент 2342528 Российская Федерация, МПК E21B47/10, E21B43/38. Устройство для измерения количества нефти и нефтяного газа / В.Ф. Шаякберов. – № 2007110879/03; заявл. 23.03.2007; опубл. 27.12.2008; Бюл. 36. – 13 с.

### References

1. O modernizacii staryh neftjanyh mestorozhdenij Zapadnoj Sibiri i kompleksnom proektirovanii ih razrabotki i obustrojstva / S.M. Sokolov, V.A. Gorbaticov, M.Ju. Tarasov, I.Z. Fahretdinov // Neftjanoe hozjajstvo. 2009. № 11. S. 120-123. [in Russian]

2. Shajakberov V.F., Ismagilov R.R. i dr. Novye tehnologii modernizacii obustrojstva staryh neftjanyh mestorozhdenij. // Nauchno-tehnicheskij vestnik OAO «NK «Rosneft'». 2010. № 1. S. 8–11. [in Russian]

3. Shajakberov V.F., Janturin R.A. O rasshirenii vozmozhnostej UJeCN. // Neftepromyslovoe delo. 2009. № 3. S. 27–28. [in Russian]

4. Shajakberov V.F., Gepshtejn F.S. i dr. Novaja tehnologija jekspluatacii UJeCN v iskrikljonnyh skvazhinah. // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2010. № 5. S. 31–32. [in Russian]

5. Shayakberov V.F., Gepshtejn F.S. and others. New technology of electric centrifugal pump operating in deviated wells. // Chemical and petroleum engineering. – USA, 2010. Vol. 46. Numbers 5-6. Pp. 295 –297.

6. Patent 2295639 Rossijskaja Federacija, MPK E21V47/00. Sposob diagnostiki celostnosti metallicheskoj kolonny / V.F. Shajakberov, i dr. – № 2004119598/03; zajavl. 28.06.2004; opubl. 20.03.2007; Bjul. 8. – 5 s. [in Russian].

7. Patent 2193117 Rossijskaja Federacija, MPK F04D13/10, E21B43/38. Gazovyj separator skvazhinного centrobezhного nasosa / R.I. Kozlov, i dr. – № 2000123946/06; zajavl. 18.09.2000; opubl. 20.11.2002; Bjul.32. – 4 s. [in Russian]

8. Patent 2284494 Rossijskaja Federacija, MPK G01M13/00. Sposob stendovyh ispytanij natural'nyh obrazcov shtang i modelej shtang na ustalostnuju

prochnost' / V.F. Shajakberov, i dr. – № 2004131394/28; zajavl. 27.10.2004; opubl. 27.09.2006; Bjul. 27. – 7 s. [in Russian].

9. Shajakberov V.F. Ustanovki rannego predvaritel'nogo sbrosa i utilizacii plastovyh vod s ispol'zovaniem vyvedennyh iz jekspluatacii skvazhin. // Nefteservis., 2011. № 4. S. 42–44. [in Russian].

10. Shajakberov V.F. Ob osnovnyh trebovanijah k ustanovkam sbrosa vody dlja kustov skvazhin. // Neftepromyslovoe delo. 2012. № 4. S. 39–42. [in Russian].

11. Patent 2324518 Rossijskaja Federacija, MPK V01D19/00. Sposob jeksperimental'nogo opredelenija parametrov trubnoj separacionnoj ustanovki / V.A. Frolov, i dr. – № 2006110913/15; zajavl. 04.04.2006; opubl. 20.05.2008; Bjul. 14. – 11 s. [in Russian].

12. Patent 2334540 Rossijskaja Federacija, MPK V01D17/00. Sposob opredelenija parametrov trubnoj separacionnoj ustanovki / V.A. Frolov i dr.– № 2005137886/03; zajavl. 05.12.2005; opubl. 27.09.2008; Bjul. 27. – 7 s. [in Russian].

13. Shajakberov V.F. O raschete trubnoj obvjazki so sbrosom vody. // Inzhenernaja fizika. 2010. № 5. S. 3–5. [in Russian].

14. Shajakberov V.F. Ustanovki dlja izmerenij kolichestva nefti i neftjanogo gaza dlja skvazhin i ih kustov. // Izmeritel'naja tehnika. 2011. № 11.–S. 26–30. [in russian]

15. Shayakberov V.F. Test units for measurements of the quantity of petroleum and petroleum gas for wells and well clusters. // Measurement Technique. USA, 2012. Vol. 54. № 11. February. Pp. 1249–1255.

16. Shajakberov V.F. Sovershenstvovanie tehnologii poskvazhinogo kontrolja i ucheta dobychi produkcii. // Jelektronnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». Ufa, 2012. – № 3. – S. 4–15.

17. Patent 2307249 Rossijskaja Federacija, MPK E21V47/10, G01F1/74. Ustrojstvo dlja izmerenija debita produkcii neftjanyh skvazhin / V.A. Frolov, i dr. – № 2005137937/03; zajavl. 05.12.2005; opubl. 27.09.2007; Bjul. 27. – 8 s. [in Russian].

18. Patent 2342528 Rossijskaja Federacija, MPK E21V47/10, E21V43/38. Ustrojstvo dlja izmerenija kolichestva nefti i neftjanogo gaza / V.F. Shajakberov. – № 2007110879/03; zajavl. 23.03.2007; opubl. 27.12.2008; Bjul. 36. – 13 s. [in Russian].

### **Сведения об авторах**

Ишемгужин 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 NPE 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 NPE 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