

УДК 622.24.05(082)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУРОВОЙ ТЕХНИКИ И УСЛОВИЙ ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕДОБЫЧИ С ОСЛОЖНЁННЫМИ УСЛОВИЯМИ

Антониади Дмитрий Георгиевич
д.т.н., профессор, академик РАЕН
зав. кафедрой Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
директор института Нефти, газа и энергетики
E-mail: antoniadi@kubstu.ru

Савенок Ольга Владимовна
к.т.н., доцент кафедры Нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна
E-mail: olgasavenok@mail.ru

Арутюнян Ашот Страевич
к.т.н., доцент кафедры прикладной математики

E-mail: mereniya@mail.ru

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия
350072, Россия, Краснодар,
ул. Московская, 2
Телефон/факс: 8 (861) 233-18-45

В статье обоснована формулировка задачи повышения эффективности нефтедобычи с осложнёнными условиями. Рассматриваются общесистемные задачи повышения эффективности нефтедобычи методами совершенствования и обновления аппаратуры: аппаратурные решения при оптимизации коэффициента извлечения нефти; установки скважинных штанговых насосов и принципы энергосбережения на поздней стадии выработки скважин с осложнёнными условиями эксплуатации. Показано, что аппаратурные решения в сочетании с современными технологиями и методами позволяют оптимизировать коэффициент извлечения нефти при разработке трудноизвлекаемых запасов

Ключевые слова: ОСЛОЖНЁННЫЕ УСЛОВИЯ ДОБЫЧИ, ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕДОБЫЧИ, КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ, СОВОКУПНОСТЬ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ, МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

UDC 622.24.05(082)

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF THE IMPROVEMENT OF THE BORE TECHNOLOGY AND CONDITIONS TO ITS EXPLOITATION AT DECISION OF THE PROBLEMS OF INCREASING TO EFFICIENCY OF OIL PRODUCTION WITH COMPLICATED CONDITION

Antoniadi Dmitriy Georgievich
Dr.Sci.Tech., professor, academician
head of the Oil and gas faculty
director of Institute of Oil, gas and energy
E-mail: antoniadi@kubstu.ru

Savenok Olga Vadimovna
Cand.Tech.Sci., assistant professor of the Oil and gas faculty n.a. professor G.T.Vartumyan
E-mail: olgasavenok@mail.ru

Arutyunyan Ashot Straevich
Cand.Tech.Sci., assistant professor of the faculty of applied mathematics

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
350072, Russia, Krasnodar,
Moskovskaja street, 2
Phone/Fax: 8 (861) 233-18-45

In the article, we have motivated the definition of the problem of increasing of efficiency of oil production with complicated conditions. We have also considered general system problems of increasing of the efficiency of oil production with the methods of the improvement and renovations of the equipment: the equipment for optimization of the factor of the extraction of oil; oil well rod pumping units and principles of energy saving on the late stage of the production of the bore holes with complicated condition of exploitation. It is shown, that the equipment allows optimizing the factor of the extraction of oil when developing hard extraction oil stocks, combined with modern technology and methods

Keywords: COMPLICATED CONDITIONS OF PRODUCTION, INCREASING OF EFFICIENCY OF OIL PRODUCTION, FACTOR OF EXTRACTION OF OILS, COLLECTION OF CONTROLLING INFLUENCES, HARD EXTRACTION OIL STOCKS, METHODS OF INCREASE OF OIL RECOVERY

1 Формулировка задачи повышения эффективности нефтедобычи с осложнёнными условиями – общие методологические подходы

Проблема повышения эффективности нефтедобычи – одна из основных в деятельности нефтедобывающих предприятий, а также в работе специалистов и учёных. Из множества трудов по этому вопросу можно выделить несколько работ обзорного характера [1-4].

На основании анализа источников [1-4], а также других работ можно сделать вывод о том, что способы управления эффективностью нефтедобычи исключительно разнообразны и в некотором приближении включают такие позиции, как методы, технологии, совершенствование и обновление аппаратуры, а также комплексные решения.

Жизненный цикл месторождения может быть описан тремя основными этапами.

На первом этапе для добычи нефти максимально возможно используется естественная энергия месторождения (упругая энергия, энергия растворённого газа, энергия законтурных вод, газовой шапки, потенциальная энергия гравитационных сил).

На втором этапе реализуются методы поддержания пластового давления путём закачки воды или газа. Эти методы были названы *вторичными*.

На третьем этапе для повышения эффективности разработки месторождений применяются методы увеличения нефтеотдачи (МУН). Эти методы называют также *третичными*. Под методами увеличения нефтеотдачи понимают группу методов, отличающихся применяемыми рабочими агентами, повышающими эффективность вытеснения нефти.

К настоящему времени освоены и применяются в промышленных масштабах следующие четыре группы методов увеличения нефтеотдачи:

1) физико-химические методы (заводнение с применением поверхностно-активных веществ, полимерное заводнение, мицеллярное заводнение и т.п.);

2) газовые методы (закачка углеводородных газов, жидких растворителей, углекислого газа, азота, дымовых газов);

3) тепловые методы (вытеснение нефти теплоносителями, воздействии с помощью внутрипластовых экзотермических окислительных реакций);

4) микробиологические методы (введение в пласт бактериальной продукции или её образование непосредственно в нефтяном пласте).

По мере развития технологий реализации МУН введено понятие улучшенные методы повышения нефтеотдачи. Эти методы, которые иногда также называют *четвертичными*, предполагают комбинирование элементов перечисленных выше четырёх групп МУН, а также таких перспективных технических средств повышения нефтеотдачи, как горизонтальные скважины. Следует подчеркнуть, что применение горизонтальных скважин для улучшения МУН связывают, главным образом, с решением таких стратегических задач как организация вертикального воздействия, повышение эффективности гравитационного режима разработки, выработка не вовлечённых в разработку запасов нефти. Это означает, что применение горизонтальных скважин нельзя рассматривать в качестве самостоятельного метода повышения нефтеотдачи, что нередко пропагандируется в нашей стране. Это тем более важно, что горизонтальные скважины часто применяют в качестве средства интенсификации добычи нефти. Далёко не всегда такое применение горизонтальных скважин приводит к повышению нефтеотдачи.

Таким образом, на основании рассмотрения совокупности методов и технологий управления эффективностью нефтедобычи можно отметить, что указанная совокупность представляет собой сложную и взаимосвязанную систему управляющих воздействий, в которой нефтяной пласт выступает в качестве объекта управления. Существует много вариантов классификации МУН [5, 6], однако это не позволяет выйти за пределы описательного подхода.

На наш взгляд, необходимо перейти на другой качественный уровень рассмотрения вопроса при решении задачи повышения эффективности нефтедобычи с осложнёнными условиями добычи.

Перспективным представляется подход, по которому комплекс «скважина – нефтяной пласт – совокупность управляющих воздействий (СУВ)» рассматривается как сложная система [7, 8]. Сложная система – объект, части которого можно рассматривать как системы, закономерно объединённые в единое целое в соответствии с определёнными принципами или связанные между собой заданными отношениями. Понятием *сложная система* пользуются в системотехнике, системном анализе, операций исследовании и при системном подходе в различных областях науки, техники и народного хозяйства. Сложную систему можно расчленить (не обязательно единственным образом) на конечное число частей, называемое *подсистемами*; каждую такую подсистему (высшего уровня) можно в свою очередь расчленить на конечное число более мелких подсистем и т.д., вплоть до получения подсистем первого уровня.

Следует сказать, что очень многие технические устройства представляют собой сложные системы:

- интегрированные системы проектирования и управления;
- информационные системы – комплекс, включающий вычислительное и коммуникационное оборудование, программное обеспечение, лингвистические средства и информационные ресурсы, а также системный персонал;
- в области вычислительной техники – математическое обеспечение современных вычислительных комплексов, включающее операционную систему для управления последовательностью вычислений и координации работы всех устройств комплекса, библиотеку стандартных программ, а также средства автоматизации программирования (алгоритмические языки, трансляторы, интерпретирующие системы), средства обслуживания и кон-

троля вычислений; каждую из упомянутых частей можно представить в виде системы с иерархической многоуровневой структурой, состоящей из отдельных взаимосвязанных программ, процедур, операторов и т.д.

Одним из важных признаков сложных систем с интеллектуальными составляющими является то, что функционирование таких систем происходит в условиях с неполной и неопределённой информацией, как, например, в интеллектуальных системах автоматизированного проектирования [9]. В этих случаях эффективным оказывается использование такого методологического аппарата, как нечёткие системы [10], ситуационное управление [11], нечёткая логика [12] и др.

Всё вышесказанное имеет непосредственное отношение к одному из принципиальных вопросов настоящей статьи – разработке оптимизационных решений в задаче повышения эффективности нефтедобычи с осложнёнными условиями эксплуатации. Одним из компонентов решения этой задачи служит положение, представленное [13] – о принципах построения, композиционном составе и классификации факторов затруднения добычи. Чтобы проиллюстрировать применимость положений о сложных системах обратимся к рисунку 1.

Представленную на рисунке 1 схему можно интерпретировать как интеллектуальную систему, в которой присутствуют элементы неполноты и нечёткости информации на разных ступенях схемы, например, как факторы природного происхождения, так и техногенные компоненты, не могут быть полноценно охарактеризованы до начала разработки и проявляются в более развёрнутом качестве по мере прохождения жизненного цикла разработки.

С учётом обозначенных выше подходов можно переходить к исследованию факторов совершенствования и обновления аппаратуры (ФСОА) в общей задаче повышения эффективности нефтедобычи с осложнёнными условиями добычи.



Рисунок 1 – Классификация факторов затруднения добычи

Выделение в отдельную группу из общей суммы способов управления эффективностью нефтедобычи ФСОА связано с преодолением проблемы взаимосвязи компонентов совокупности.

Хотя ФСОА, как правило, связаны с различными методами и технологиями, применяемыми как средства управления эффективностью нефтедобычи, тем не менее, ФСОА имеет смысл рассмотреть как отдельную категорию.

Таким образом, общий методологический подход при решении задачи повышения эффективности нефтедобычи с осложнёнными условиями заключается в том, что комплекс «скважина – нефтяной пласт – совокупность управляющих воздействий (СУВ)» интерпретируется как сложная интеллектуальная система с признаками неполноты и нечёткости базовой информации.

2 Общесистемные задачи повышения эффективности нефтедобычи методами совершенствования и обновления аппаратуры

К общесистемным задачам можно отнести такие подходы, которые касаются сразу нескольких этапов жизненного цикла нефтедобычи.

Аппаратурные решения при оптимизации коэффициента извлечения нефти

Коэффициент извлечения нефти имеет особое значение при разработке трудноизвлекаемых запасов [14-16]. Коэффициент извлечения нефти (КИН) в нефтяной промышленности в нашей стране падает уже много лет – с уровня 40 % в начале 1980-х гг. до 30 % и ниже в последние годы. Осознавая остроту проблемы, в государственных структурах разрабатываются программы увеличения коэффициента извлечения нефти к 2020 году до 50-60 %, что превышает проектные КИН у некоторых ведущих мировых нефтяных компаний.

КИН представляет собой один из главных критериев оценки качества проекта, объёмов оставляемого в объекте продукта.

По формуле Крылова [15]:

$$КИН = K_v \cdot K_{охв} = \frac{Q_{доб}}{Q_{геол. зап.}} \quad \text{или} \quad \frac{КИН}{K_v} = \frac{Q_{доб}}{Q_{геол. зап.}} = K_{охв},$$

где КИН – коэффициент извлечения нефти как доля от общих геологических запасов; $Q_{доб}$ – объём добытой нефти; $Q_{геол. зап.} \cdot K_v$ – объёмы извлекаемой (подвижной) нефти зависят от качества вытесняющей жидкости;

$\frac{КИН}{K_v}$ – коэффициент извлечения нефти как доли начальных извлекаемых запасов.

Значительные результаты, достигнутые в США по коэффициенту отдачи пласта (*recovery factor*), связаны с обеспечением максимально эффективной нормы отбора (МЭНО). МЭНО – максимальный темп отбора, при котором добыча нефти или газа из скважины производится без потери энергии коллектора и без оставления в коллекторе неразработанных нефтяных карманов.

Большое значение в соблюдении принципов МЭНО имеет структура механизированной добычи. В США, к примеру, 82 % составляет добыча станками-качалками со штанговыми глубинными насосами (ШГН), 10 % обеспечивают газлифты, 4 % – электроцентробежные насосы (ЭЦН), остальные способы – ещё меньше. Это говорит о том, что в США огромное внимание уделяется работе малодебитных и истощённых скважин.

В нашей стране добыча на таких скважинах ведётся слишком быстро, что приводит к тому, что вода может обойти нефтяные и газовые карманы, не заходя в них. В результате вода изолирует нефть, что может привести к стойкому повреждению скважин. Для предотвращения чрезмерного образования неработающих пластов и для повышения суммарной добычи углеводороды необходимо извлекать при меньшей скорости менее производительными насосами ШГН – тогда вода, вытесняя нефть, успеет проникнуть и в менее проницаемые зоны породы.

С 1975 по 1980 гг. в нашей стране примерно 60 % эксплуатационного фонда нефтяных скважин было оборудовано установками с ШГН, называемыми также станками-качалками балансирного типа [17], тогда как на сегодняшний день доля скважин с УШГН сократилась до средних значений 43-45 %, а зачастую до 10-20 %, и суммарно они обеспечивают не более 15 % отечественной нефтедобычи. При этом превышение оптимальных величин объёмов добычи неминуемо приводит к снижению КИН и преждевременному выходу скважины из эксплуатации.

Усовершенствованные станки-качалки

Оптимизация нефтедобычи – сложная многофункциональная задача. Во многих случаях существует прямая связь между нефтеотдачей и дебитом скважины. Максимальная скорость добычи существует для каждого коллектора, и дальнейшее превышение добычи свыше этого максимума приводит к падению нефтеотдачи [2]. Функционально МЭНО изменяется в зависимости от многих факторов: от механизма нефтедобычи, физической

природы коллектора, его окружения и содержащихся жидкостей. Для поддержания максимально эффективной нормы отбора на протяжении всего периода эксплуатации необходимо располагать достаточно полной геологической и эксплуатационной информацией. Зависимость дебита скважины от депрессии на пласт («индикаторная линия»), представленная на рисунке 2, позволяет уточнить эксплуатационные параметры скважины. *Индикаторная линия* в зависимости от свойств коллектора может быть как прямолинейной при линейном законе фильтрации в призабойной зоне (рисунок 2, а), так и криволинейной при нелинейном законе фильтрации (рисунок 2, б).

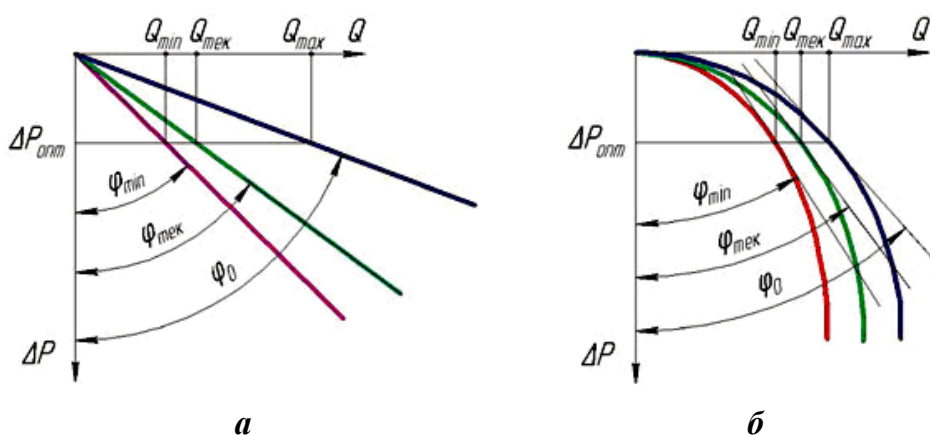


Рисунок 2 – «Индикаторные линии»:

φ_0 – начальный угол; $\varphi_{тек}$ – текущий угол; φ_{min} – минимальный угол;
 ΔP – депрессия; Q – дебит; $K_{пр}$ – коэффициента продуктивности скважины

Считается [14], что из всех известных способов нефтедобычи наиболее полно отвечает критерию МЭНО добыча штанговыми глубинными насосами со станками-качалками в виде приводного агрегата. Особенно эффективно применение ШГН для эксплуатации мало- и среднедебитных скважин. ШГН могут обеспечить высокий напор в диапазоне подач от 5 до 50 м³/сут. Существует большое разнообразие станков-качалок, различающихся как типом привода (механические, гидравлические и пневматические), так и конструктивными особенностями.

Каждый тип качалок обладает теми или иными преимуществами и недостатками, поэтому занимает обычно определённую нишу, где его использование оптимально.

В [14] предлагается станок-качалка, использующий ШГН, который имеет производительность в два и более раз выше, чем у традиционных качалок с ШГН. Отличительной особенностью предлагаемого авторами [14] станка-качалки является то, что частота вращения кривошипа и согласованная с ней скорость возвратно-поступательного движения канатной подвески с устьевым штоком изменяются механическим путём по синусоидальному закону. Необходимо отметить, что при существенном росте производительности работы УШГН в целом за счёт увеличения частоты качания необходимо уделять особое внимание коэффициенту заполнения насоса, т.е. применять всасывающие и нагнетательные клапаны насосов ШГН с увеличенными проходными сечениями. При таких условиях использование предлагаемой модифицированной качалки позволяет приблизить ШГН по производительности к ЭЦН.

Аппаратура и технология электромагнитного резонансного воздействия на продуктивный пласт

В последние годы волновые методы всё чаще используются как способ воздействия нефтяной пласт [14, 18, 19].

Применение в области нефтегазодобычи волнового (механического, электромагнитного, акустического и др.) воздействия на флюид обусловлено целым рядом его преимуществ:

- высокой степенью управляемости;
- проявлением эффекта в короткие сроки после воздействия;
- возможностью проведения воздействия одновременно с основным процессом добычи и др.

В [14] описана новая технология и аппаратура электромагнитного резонансного воздействия (ЭМРВ) на продуктивный пласт и интенсификации добычи нефти, показанная на рисунке 3.

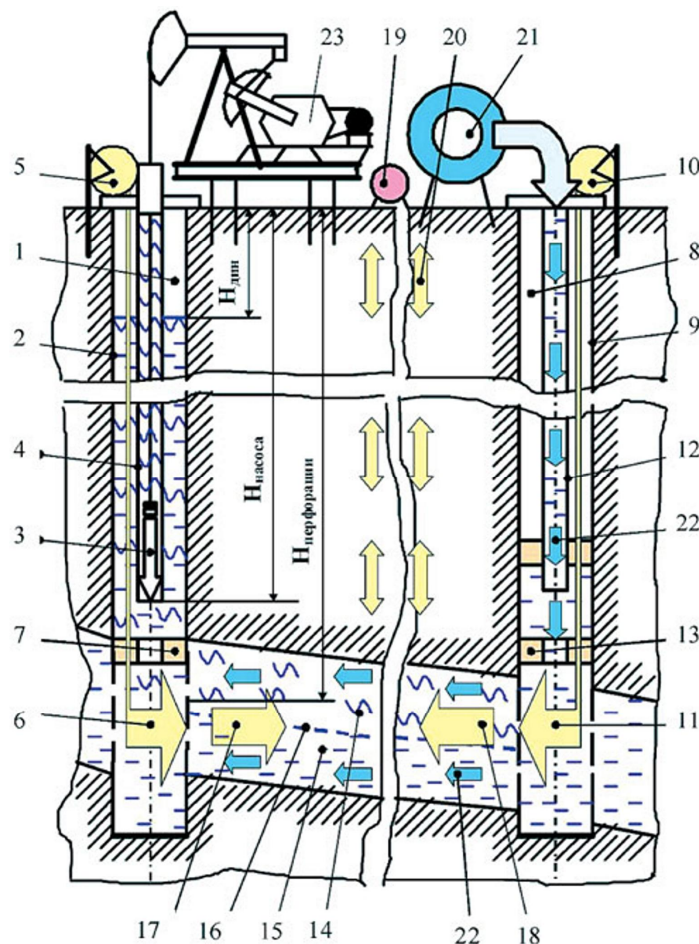


Рисунок 3 – Схема установки по интенсификации добычи нефти:

- 1 – добывающая скважина с обсадными трубами (2); 3 – добывающий ШГН;
- 4 – колонна НКТ; 5 – генератор ЭМ-колебаний с волноводом (6);
- 7 – якорь; 8 – нагнетательная скважина и её колонна (9);
- 10 – генератор ЭМ-колебаний с волноводом (11); 12 – колонна НКТ;
- 13 – якорь на глубине перфорации; 14 – углеводородный флюид;
- 15, 16 – вода в ловушке; 17 – поток от добывающей скважины;
- 18 – поток от нагнетательной скважины;
- 19 – генератор-приёмник сканирующих колебаний (20); 21 – насос;
- 22 – поток рабочей жидкости; 23 – станок-качалка

При работе установки в ходе добычи включаются два генератора электромагнитных (ЭМ) колебаний, установленных на поверхности у добывающей и нагнетательной скважин. ЭМ-потoki передаются волноводами на глубину перфорации, что ведёт образованию в продуктивном пласте встречно-направленных колебательных потоков: от добывающей скважины через продуктивный пласт в сторону нагнетательной скважины и наоборот.

Смодулированные ЭМ-колебания потоков от добывающей и нагнетательной скважин накладываются на собственную частоту колебаний углеводородного флюида, в результате чего возникает резонансное колебание.

Первоначально точку возникновения пикового резонанса локализуют вблизи нагнетательной скважины, для чего в управляемом режиме излучают модулированные ЭМ-волны таким образом, чтобы мощность излучения из добывающей скважины значительно превышала мощность встречного излучения из нагнетательной. Затем за счёт корректировки мощности генераторов пиковый резонанс вместе с возмущённым флюидом начинают сдвигать в сторону добывающей скважины.

Эффект от описанной технологии достигается также при реанимации простаивавших многие годы скважин.

Использование установки по интенсификации добычи нефти и способа ЭМРВ позволяет:

- увеличить дебит добывающей скважины за счёт принудительного перемещения к ней углеводородного флюида от ближайших соседних скважин, включая нагнетательные;
- реанимировать нефтяные и газоконденсатные скважины, простаивающие многие годы из-за примененной ранее незначительной технологии добычи нефти;
- значительно повысить КИН (до 60 %), в том числе освобождая нефть из ловушек и пленов, притом, что КИН по результатам внедрения аналога и прототипа достигает 40-45 %.

Таким образом, аппаратурные решения в сочетании с современными технологиями и методами позволяют оптимизировать коэффициент извлечения нефти при разработке трудноизвлекаемых запасов.

Установки скважинных штанговых насосов (УСШН) и принципы энергосбережения на поздней стадии выработки скважин с осложнёнными условиями эксплуатации

Принципы энергосбережения – один из эффективных путей оптимизации ресурсов при добыче трудноизвлекаемых нефтей [1, 20, 21]. Так, для вязких нефтей перспективными решениями становятся сокращение энергетических затрат на подъём продукции и увеличения межремонтного периода (МРП) работы скважин.

Общие методологические вопросы энергоэффективности нефтедобычи включают анализ структуры издержек на добычу и транспорт нефти (рисунок 4), а также на методы определения и использования показателей энергоэффективности [1].

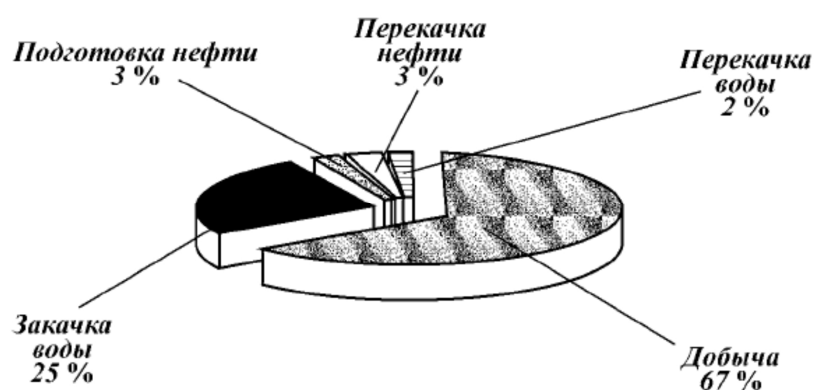


Рисунок 4 – Структура затрат электрической энергии на весь комплекс технологических процессов нефтедобычи

Как следует из рисунка 4, в структуре затрат электрической энергии большая часть приходится на добычу.

При описании уровней удельных энергозатрат как показателей совершенства технологического процесса добычи нефти или диагностического признака определяют нижний теоретический предел удельных затрат. Эта величина специфична для каждого месторождения и определяется в основном динамическими уровнями добывающих скважин и структурой эксплуатируемого парка насосного оборудования.

В [20] рассмотрены вопросы повышения эффективности эксплуатации скважин путём создания комплекса технологий, наземного и скважинного оборудования, обеспечивающих сокращение эксплуатационных, в том числе энергетических, затрат на подъём продукции и увеличение межремонтного периода их работы за счёт предотвращения осложнений при добыче нефти.

Экспериментальная база исследований относилась к трудноизвлекаемым запасам нефти Урало-Поволжья.

Особое значение вопросы энергосбережения приобретают для месторождений на поздней стадии разработки, а также месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

К основным особенностям таких месторождений, помимо высокой обводнённости продукции и небольших дебитов скважин, относятся [20]:

- рост доли вовлечённых в разработку запасов вязких нефтей (около 40 %);
- увеличение доли скважин, эксплуатируемых установками скважинных штанговых насосов (УСШН) при снижении доли скважин, эксплуатируемых установками электроприводных центробежных насосов (УЭЦН);
- рост числа малодебитных скважин и скважин, нерентабельных при традиционных способах их эксплуатации;
- большой фонд скважин, эксплуатация которых осложнена образованием вязких эмульсий, солеобразованием и отложениями парафина;

- увеличение энергозатрат на подъём жидкости из-за роста обводнённости продукции и снижения дебитов скважин;
- увеличение фонда скважин малого диаметра и связанные с этим ограничения на отбор продукции из-за невозможности либо нецелесообразности внедрения УЭЦН;
- возрастание влияния технологии подъёма продукции на затраты, безусловная необходимость всемерного сокращения затрат на эксплуатацию скважин.

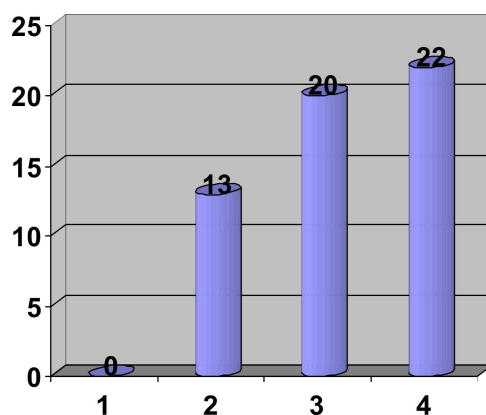
Показано, что для месторождений на поздней стадии разработки, а также месторождений с трудноизвлекаемыми запасами повышение эффективности нефтедобычи может быть достигнуто оптимальным сочетанием методов:

- управления факторами надёжности работы и межремонтного периода работы скважин путём предотвращения осложнений за счёт применения усовершенствованной аппаратуры (приводы скважинных насосов на основе реверсивных редуцирующих преобразующих механизмов и др.);
- разработки энергосберегающих технологий на основе использования современных аппаратурных решений (установки скважинных штанговых насосов с безбалансирными приводами на основе реверсивных редуцирующих преобразующих механизмов);
- разработки теоретических подходов по методологии и способам повышения надёжности работы УСШН.

В структуре парка насосов ОАО «Татнефть» 84 % приходится на УСШН, остальное – УЭЦН. При этом малодебитные (с дебитом по жидкости 5 м³/сут и менее) скважины занимают около 30 % действующего фонда. В этих условиях экономия затрат возможна только путём учёта условий эксплуатации при создании новых технологий и технических средств.

Для малодебитных скважин модернизация серийного оборудования путём снижения частоты качаний станков – качалок за счёт снижения ско-

рости вращения электродвигателя и др. приёмов не могут быть признаны целесообразными, поскольку снижают КПД установки (рисунок 5).



1 – редуктор с большим передаточным отношением; 2 – дополнительный редуктор; 3 – двухступенчатая клиноременная передача; 4 – малооборотный электродвигатель

Рисунок 5 – Энергетическая эффективность при снижении частоты качаний привода СШН различными способами

Одним из наиболее эффективных путей решения перечисленных проблем является создание и применение в составе УСШН вместо балансирных станков-качалок приводов на основе редуцирующих преобразующих механизмов (РПМ) благодаря их особенностям по сравнению со станками-качалками.

В качестве примера аппаратных решений для месторождений на поздней стадии разработки, а также месторождений с трудноизвлекаемыми запасами можно отметить установками скважинных штанговых насосов [20].

На рисунках 6 и 7 представлены устройства для повышения надёжности работы и расширения области применения УСШН для межскважинной перекачки воды при поддержании пластового давления: УСШН с дополнительным «дожимным» подустьевым плунжерным насосом, снижающим нагрузки на штанги, а также устройство для герметизации устья скважины, обеспечивающее разгрузку устьевого сальника от высокого давления.

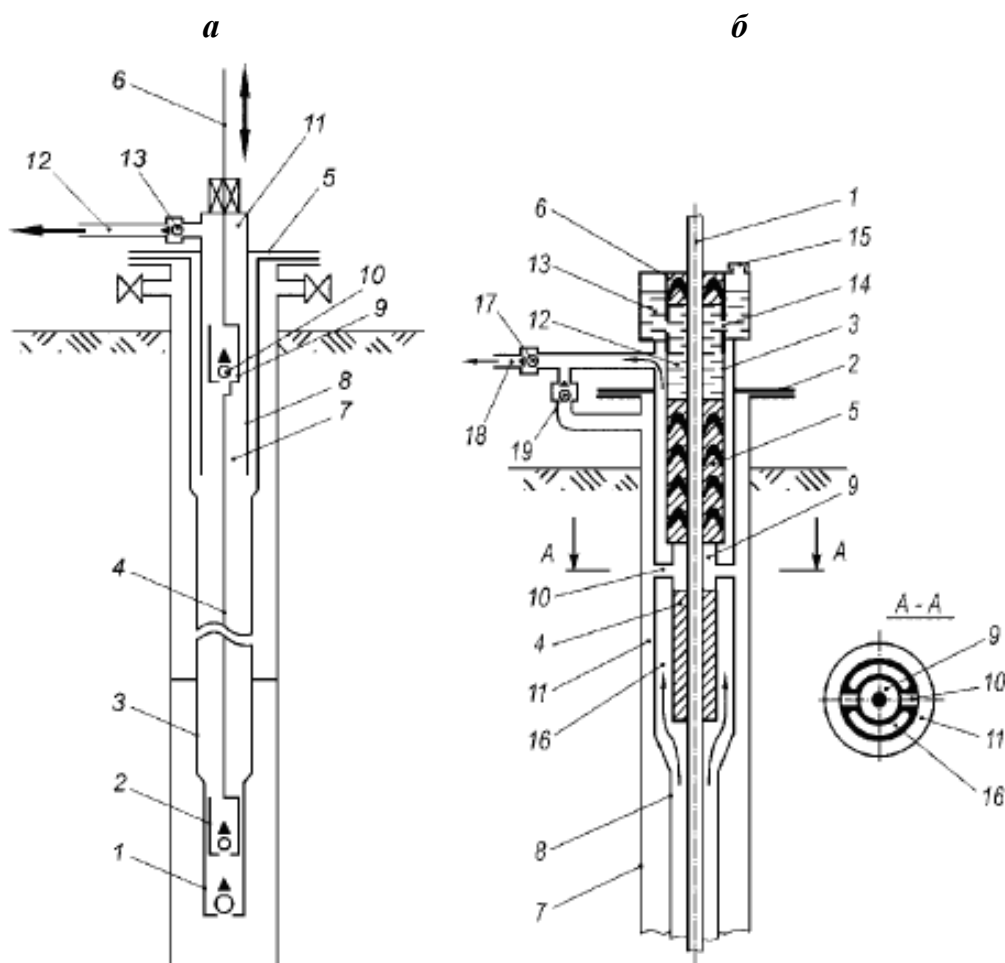


Рисунок 6 – Устройства для повышения надёжности работы и расширения области применения УСШН

***a* – УСШН с дополнительным (дожимным) скважинным насосом:**

- 1 – основной насос; 2 – плунжер основного насоса; 3 – колонна НКТ;
- 4 – колонна насосных штанг; 5 – устьевая арматура; 6 – устьевой шток;
- 7 – дополнительный плунжерный насос; 8 – цилиндр дополнительного насоса;
- 9 – плунжер дополнительного насоса; 10 – обратный клапан плунжера;
- 11 – надплунжерная полость дополнительного насоса;
- 12 – выкидная линия скважины; 13 – обратный клапан

***б* – Устройство для герметизации устьевого штока при высоких давлениях:**

- 1 – устьевой шток; 2 – устьевая арматура; 3 – корпус;
- 4, 5, 6 – соответственно первое, второе и третье уплотнения; 7 – скважина;
- 8 – НКТ; 9 – полость; 10 – каналы; 11 – межтрубное пространство; 12 – полость;
- 13 – дополнительный резервуар; 14 – каналы; 15 – заправочная горловина;
- 16 – каналы; 17, 19 – обратные клапаны; 18 – выкидная линия

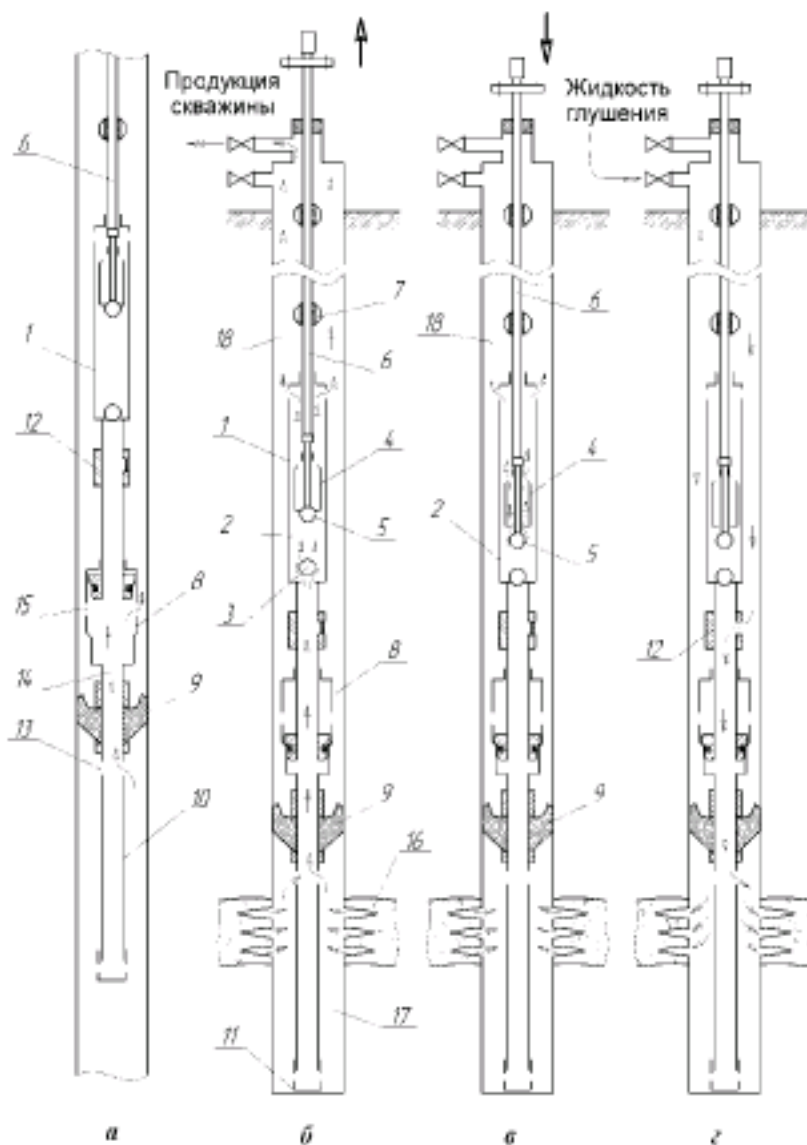


Рисунок 7 – УСШН без НКТ с упором на забой:

а – спуск скважинного оборудования;

б и *в* – работа установки при ходе плунжера соответственно вверх и вниз;

г – глушение скважины:

1 – насос; 2 – цилиндр; 3 – приёмный клапан; 4 – плунжер;

5 – управляемый нагнетательный клапан; 6 – штанговая колонна;

7 – центраторы; 8 – перепускной узел; 9 – самоуплотняющийся пакер;

10 – хвостовик; 11 – упор; 12 – клапан глушения; 13, 15 – отверстия;

14 – осевой канал пакера; 16 – продуктивный пласт;

17 и 18 – соответственно фильтровая и нагнетательная полости скважины

УСШН без насосно-компрессорных труб и технологии подъёма жидкости из скважин с осложнёнными условиями эксплуатации (рисунок 7) представляет собой часть энергосберегающего комплекса скважинного оборудования и технологий подъёма жидкости из скважин с осложнёнными условиями эксплуатации, обеспечивающего предотвращение осложнений.

В заключении можно сделать следующие основные выводы.

Показано, что для месторождений на поздней стадии разработки, а также месторождений с трудноизвлекаемыми запасами повышение эффективности нефтедобычи может быть достигнуто оптимальным сочетанием методов:

- **управления факторами надёжности работы и межремонтного периода работы скважин путём предотвращения осложнений за счёт применения усовершенствованной аппаратуры (приводы скважинных насосов на основе реверсивных редуцирующих преобразующих механизмов и др.);**
- **разработки энергосберегающих технологий на основе использования современных аппаратурных решений (установки скважинных штанговых насосов с безбалансирными приводами на основе реверсивных редуцирующих преобразующих механизмов);**
- **разработки теоретических подходов по методологии и способам повышения надёжности работы УСШН.**

Литература

1. Байков П.Р., Смородов Е.А., Ахмадуллин К.Р. Методы анализа надёжности и эффективности систем добычи и транспорта углеводородного сырья. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 275 с.
2. Форест Грей. Добыча нефти / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 416 с. (Серия «Для профессионалов и неспециалистов»).
3. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложнённых условиях. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 653 с.

4. Абызбаев И.И., Андреев В.Е. Прогнозирование применения новых методов увеличения нефтеотдачи при освоении трудноизвлекаемых запасов нефти. – Уфа: Монография, 2007. – 204 с.
5. Крянев Д.Ю., Жданов С.А. Применение методов увеличения нефтеотдачи пластов в России и за рубежом. Опыт и перспективы // Специализированный журнал «Бурение & Нефть» – 2011. – № 02 Февраль.
URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2011-02/8>
6. ГП РВО «Зарубежнефть». Методы увеличения нефтеотдачи
URL: www.tpprf.ru/common/upload/documents/committee/ener/zak4.doc
7. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Основы теории сложных систем. – М. – Ижевск: Издательство РХД, 2007. – 612 с.
8. Бусленко Н.П. «Сложная система»
URL: <http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/glossary.html>
9. Интеллектуальные САПР Известия ЮФУ. Тематический выпуск. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТГИ, 2009. – № 4.
10. Поспелов Д.А. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
11. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
12. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 224 с.
13. Антониади Д.Г., Савенок О.В. Факторы, затрудняющие добычу нефти (ФЗДН): классификация и систематизация // Итоги диссертационных исследований. Том 2. – Материалы IV Всероссийского конкурса молодых учёных. – М.: РАН, 2012. – С. 3-12
14. Гузь В.Г. КИН как приоритет нефтедобычи. Комплексный подход к реализации принципа «максимально эффективной нормы отбора нефти» // Нефтесервис. – 2008. – № 04/2008. URL: <http://www.indpg.ru/nefteservis/2008/04/19985.html>
15. Кашик А.С., Билибин С.И., Лисовский Н.Н. О полноте нефтеизвлечения при добыче углеводородов (геологические модели и нефтеизвлечение) // «Вестник ЦКР Роснедра». – 2005. – № 1. – С. 27-32.
16. Устимов С.К. Прогнозирование коэффициента извлечения нефти в процессе разработки месторождений. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва, 2007.
17. Байдашин В. Станки-качалки: возможен ли ренессанс? // «Нефтесервис». – 2008. – № 2 (лето). – С. 44-45.
18. Кузнецов Р.Ю. Строительство и эксплуатация нефтяных и газовых скважин открытым забоем с использованием волновых технологий (проблемы, теоретические решения, промысловый опыт). Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. – Уфа, 2010.
19. Кириллов А.И. Совершенствование разработки Туймазинского нефтяного месторождения в завершающей стадии. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Уфа, 2006.
20. Валовский К.В. Разработка и исследование энергосберегающих технологий подъёма жидкости из скважин с осложнёнными условиями эксплуатации. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. – Бугульма, 2011.
21. Павлов Г.А., Горбатиков В.А. О проблемах энергосбережения и энергоэффективности в системах поддержания пластового давления // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 7. – С. 118-119.