**РЕШЕНИЯ ПО НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ОБУСТРОЙСТВА
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**
SOLUTIONS FOR THE SYSTEM RELIABILITY OF FIELD
FACILITIES OF WEST SIBERIAN OIL FIELDS

В. А. Иванов, С. М. Соколов

V. A. Ivanov, S. M. Sokolov

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: обустройство месторождений; нефтяные месторождения;
повышение надежности; снижение затрат; коррозия*

Key words: field facilities; oil fields; increased reliability; cost cut; corrosion

Обустройство нефтяных месторождений — сложная задача, включающая все этапы развития промыслов от их пионерного освоения до ликвидации. На каждом этапе остро стоит вопрос повышения надежности систем обустройства нефтедобычи, заключающийся в том, чтобы добиться, без значительного удорожания, нормальной работы промысловых систем. Прямой, экстенсивный путь за счет увеличения резервов мощностей и капитальности сооружений малоэффективен, и в настоящее время необходимо искать качественно новые решения, вскрывать резервы в сложившейся структуре затрат и направлять их на менее надежные звенья системы.

Обустройство месторождения обычно включает в себя тысячи скважин, сотни километров коммуникаций, набор площадочных объектов, затраты на строительство которых исчисляются сотнями миллионов рублей. В процессе создания Западно-Сибирского нефтегазового комплекса были разработаны основные принципы обустройства нефтяных месторождений в сложных инженерно-гидрогеологических условиях, основанные на укрупнении промысловых объектов, совмещении трасс коммуникаций, использовании оборудования большой единичной мощности, индустриализации строительства (блочные и суперблочные объекты), обеспечившие на первом этапе успешное решение задач создания и развития нефтяной промышленности региона.

Первый этап разработки нефтяных месторождений включает пробную эксплуатацию и работу скважин под давлением пласта. Второй этап — это переход на механизированную добычу, значительное обводнение продукции скважин, высокая коррозия систем сбора, ввод менее эффективных месторождений, выход в районы с более сложными гидрогеологическими условиями, включая многолетнемерзлые грунты, и др. — поставил ряд проблем, требующих дальнейшего совершенствования и развития. Данные проблемы следует рассматривать в неразрывной связи с повышением надежности, понимая последнюю как способность систем обустройства обеспечить бесперебойную поставку требуемых объемов нефти с минимальными затратами, и выполнением современных требований к охране окружающей среды. Существующее положение в отрасли не в полной мере соответствует требованиям второго этапа. Проявление этого несоответствия выражается, например, в том, что основные объемы работ по обустройству и эксплуатации месторождений из-за отставания темпов строительства автодорог ведутся в условиях бездорожья. Также несоответствие проявляется в значительном коррозионном поражении систем нефтегазосбора, неэффективной технологии очистки пластовых вод и подготовки вод из поверхностных источников, качестве оборудования и конструкций, качестве строительства, уровне технологии в эксплуатации, разобщенности нефтяных компаний, привлечении мелких компаний, выходе нефтяников на Север без специальной промысловой техники и новых методов освоения и др.

Цель исследования — поиск различных способов повышения надежности объектов, эксплуатирующих нефтяные месторождения. В связи с этим с точки зрения надежности была рассмотрена технологическая цепочка от скважин до сдачи товарной нефти с учетом проектных решений, их реализации и функционирования.

Добыча нефти. Здесь повышение надежности возможно за счет учета при проектировании запасов категории C_2 . Обустройство проектируется под запасы категории C_1 , а под C_2 мощности вводятся постепенно по участкам, по мере перевода C_2 в C_1 , то есть системы обустройства месторождений непрерывно расширяются и реконструируются. Так, по Ватинскому нефтяному месторождению за 20 лет было запроектировано и проведено 16 расширений. Если вести обустройство сразу под запасы категории $C_1 + C_2$, то вполне возможно однократное проектирование обустройства. По оценке для того же месторождения металлоемкость промысловых систем сократилась бы на 35–40 %. Такой же подход необходим и на четвертой стадии разработки месторождения. Повысить надежность на данном этапе возможно также с помощью применения современных способов добычи нефти и методов воздействия на пласт.

Принятая Правительством РФ программа предусматривает, начиная с 2012 года, снижение уровня сжигания попутного нефтяного газа до 5 %. За превышение лимита и отсутствие приборов учета предусмотрены серьезные экономические санкции.

Кусты скважин. Это первичные и основные промысловые объекты, формирующие всю систему обустройства. От их размеров, количества и расположения зависят протяженность и конфигурация промысловых коммуникаций, затраты на их строительство и эксплуатацию и, следовательно, реальность и качество проектных решений. В наземное оборудование куста скважин, нуждающееся в повышении надежности, входят устройства водо- и газораспределения, замерные установки, установки подачи ингибиторов с их системами автоматики, телемеханики, компьютерной техникой, устройства электроснабжения и др. Надежность здесь может быть поднята за счет совершенствования проектных решений, а также повышения качества оборудования. Рациональная компоновка оборудования и генпланов кустов в целом способствует сокращению площади застройки и длины коммуникаций. Переход к блочному и суперблочному исполнению объектов, с полной заводской готовностью и минимальным набором типоразмеров, уровнем автоматизации и надежности оборудования, должен дать полностью автоматизированный куст без обслуживающего персонала. Для куста скважин на основе усовершенствованного оборудования, средств автоматизации и микропроцессорной техники должна быть создана единая система контроля и управления, обеспечивающая качественный замер дебитов скважин, регулирование закачки воды в каждую нагнетательную скважину, контроль работы электрооборудования и электроснабжения. Приборы и оборудование для этого в настоящее время существуют. В части электроснабжения необходимо обеспечить поставку комплектного оборудования для кустов в целом.

Расположение скважин в пределах куста должно исходить из минимума простоя скважин, находящихся в эксплуатации и освоении. Блокирование отдельных установок и переход к единой системе автоматизации даст экономию в оборудовании и площади куста. Сокращение площади куста возможно как на основании компоновки бурового оборудования, так и за счет уменьшения противопожарных разрывов между объектами. Учет добытой нефти по отдельной скважине обязателен для недропользователей.

Сбор и транспорт нефти. В настоящее время это самая ненадежная из промысловых систем. Ее надежность зависит от многих причин, которые могут быть сформулированы следующим образом. В наличии большая протяженность коммуникаций. При проектировании не всегда учитываются действительные условия

работы трубы в различных грунтах. Строительство ведется некачественно, не выполняются проектные решения на переходах, поворотах, узлах, трубопровод частично закрепляется от всплывания, неудовлетворительно качество сварки, изоляции, имеются дефекты труб. Организация строительства промысловых трубопроводов не всегда соответствует необходимым темпам и накопленному ранее опыту. Особое внимание при эксплуатации систем сбора и транспорта нефти должно уделяться внутренней коррозии. Внутренняя коррозия в процессе эксплуатации вызвана все возрастающей обводненностью продукции, наличием агрессивных примесей, движением среды с низкими скоростями, образованием застойных зон и отложений шлама, наличием в пластовой воде сероводородсодержащих бактерий. Технологическая надежность трубопроводов обеспечивается рядом мероприятий, направленных на уменьшение участков сбора нефти, параллельной прокладкой двух труб с пропускной способностью 50 % каждая, ранним выводом из цикла перекачки пластовых вод (строительство установок сброса пластовой воды на дожимных насосных станциях или группах кустов). Ингибиторная защита от коррозии требует, по мере появления в трубах опасных режимов, стационарных установок ввода ингибитора на главных направлениях и передвижных — на ответвлениях. Технологическая надежность трубопроводов может быть резко повышена применением труб с внутренним покрытием. Для обеспечения нормальных условий круглогодичного сооружения промысловых трубопроводов и обеспечения свободного доступа к ним в период эксплуатации необходимо прокладывать трубопроводы в насыпях с прокладкой вдоль трассовых дорог круглогодичного действия. Практически это реализуется только при условии совмещения трубопроводов с промышленной автодорогой или совпадения направлений коммуникаций.

Совершенствование разработки приводит к развитию системы поддержания пластового давления, повышению удельного веса нагнетательных скважин и требует оперативного маневрирования закачкой. Схема обвязки скважин должна допускать их быстрый перевод из эксплуатационных в нагнетательные и обратно. Проекты разработки должны содержать перспективные мощности кустовых насосных станций и пропускной способности системы поддержания пластового давления.

Центральные пункты сбора, дожимные насосные станции, установки подготовки воды. Центральные пункты сбора нефти формировались как крупные центры сбора и подготовки нефти, что создало предпосылки для успешного решения проблем их строительства, своевременного ввода мощностей по подготовке нефти, загрузке внешних трубопроводов и утилизации попутного нефтяного газа. При проектировании необходимо еще больше внимания уделять компоновке и блокировке объектов, повышению уровня индустриализации строительства. Работа в направлении типизации и унификации проектных решений должна продолжаться. Также это касается и ДНС и УПСВ.

Необходимо отметить чрезмерную жесткость требований отечественных противопожарных норм и правил. Вместо целенаправленного совершенствования способов предупреждения и тушения пожаров и даже использования уже имеющихся эффективных средств в нормах делается упор на ограничения в части технологии и размещении объектов. Здесь большой резерв капиталоёмкости промышленных объектов. Надо поднять противопожарное дело до современного уровня и устранить излишества при компоновках объектов. Например, система пожаротушения на дожимной насосной станции составляет 10–15 % от общей стоимости сооружения площадки и не дает уверенности в ее эффективности. Действующие в проектировании противопожарные нормы постоянно ужесточаются дополнительными требованиями и ограничениями.

Повышение надежности аппаратов, уменьшение веса и габаритов, снижение трудоемкости при строительстве и эксплуатации возможны только на основе использования новых эффективных технологий. Основные же технологии по очистке

воды, подготовке нефти, сепарации, осушке газа в основном базируются на гравитационных процессах, требующих громоздкого оборудования. Опыт эксплуатации позволяет оценить размеры резервных мощностей насосного оборудования и аппаратов, и здесь нет принципиальных трудностей. При подготовке нефти необходимо ее замер, что и выполняется приборами учета.

Важным фактором при обустройстве месторождений является опережающее строительство дорог, систем электроснабжения, вахтовых поселков и другого инженерного обеспечения с целью исключения временных сооружений и сведения к минимуму объектов пионерного освоения. В строительстве автодорог идет поиск новых, более надежных и экономичных решений. Широко применяются нетканые синтетические материалы, новые дорожные покрытия, способы крепления откосов и др. Но главной проблемой здесь остается большая протяженность дорог, исчисляемая для месторождения сотнями километров. Крупное снижение стоимости дороги всего месторождения может дать только оптимизация трасс коммуникаций. В перспективе необходимо искать как пути решения непосредственно самой задачи надежности промысловых автодорог, так и резервы возможного высвобождения капитальных вложений в обустройстве месторождения в целом для направления их на строительство дорог. Бурение скважин и наземное обустройство тогда будут проводиться в условиях полной транспортной доступности, при резком сокращении протяженности дорог, за счет уменьшения количества кустов и увеличения отходов при наклонно направленном бурении и бурении горизонтальных скважин. В части электроснабжения промыслов кроме обеспечения бесперебойного питания и повышения надежности оборудования особое внимание должно уделяться линиям электропередач разной мощности и их опорам. Надежные решения по строительству в условиях болот, слабых грунтов затопления и подтопления связаны с их дальнейшим совершенствованием и развитием. Необходимо шире использовать в насыпях местные грунты пониженного качества, сокращать объем грунта за счет применения новых материалов на полимерной основе, геотекстиля и др.

В заключении указан ряд возможных мероприятий повышения надежности и экономичности промысловых объектов и систем в целом. На стадии проектирования надежность обеспечивается высокой точностью выполнения инженерных изысканий, применением технических решений в строгом соответствии с требованиями нормативных документов, использованием новейших достижений науки и техники, совершенствованием проектного производства. На стадии строительства надежность, в первую очередь, обеспечивается строгим выполнением проектных решений, производством строительно-монтажных работ подразделениями, оснащенными всеми необходимыми техническими и материальными средствами. Необходимо дальнейшее развитие промышленных методов промышленного строительства, в том числе блочного и суперблочного. Промысловое оборудование должно быть полной заводской готовности, автоматизированным, рассчитанным на безлюдную технологию. Для транспорта крупных блоков требуются усовершенствование старых и создание новых транспортных средств. Сокращение площади застройки промысловых объектов может быть осуществлено за счет устранения излишних требований пожарной безопасности и внедрения эффективных средств пожаротушения. В строительстве необходимо использовать новые теплоизоляционные материалы, в том числе производимые на местах из местного сырья. Замена высококачественных песков в насыпях местными материалами дает значительное снижение стоимости. Также снижению стоимости способствует использование многоярусных эстакад для прокладки внутриплощадочных сетей с поставкой секций заводского изготовления, эффективных профилей несущих и ограждающих конструкций. Совершенствование промысловых технологий на основе новых процессов и аппаратного оформления снижает габариты и вес оборудования, повышает надежность и облегчает строительные работы.

Библиографический список

1. Каган Я. М., Бячков А. И. Совершенствование методов разработки и применения крупных блоков на нефтяных промыслах Западной Сибири: обзорная информация. – М.: ВНИИОЭНГ, 1987. – 60 с.
2. Обустройство нефтяных промыслов в СССР и за рубежом с использованием суперблоков: обзорная информация / Л. В. Андриенко [и др.]. – М.: ВНИИОЭНГ, 1988. – 44 с.
3. Сбор, подготовка и хранение нефти и газа. Технологии и оборудование: учеб. пособие для студентов вузов / Р. С. Сулейманов [и др.]. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2007. – 450 с.
4. Соколов С. М., Горбатилов В. А. Обустройство нефтяных месторождений Западной Сибири: от принципов обустройства до проблем модернизации // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 22–25.
5. Хуснутдинов М. Х. Технология и организация обустройства нефтегазовых промыслов. – М.: Недра, 1993. – 364 с.

Сведения об авторах

Иванов Вадим Андреевич, д. т. н., профессор кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89088743877, e-mail: ivanov_v_a@list.ru

Соколов Сергей Михайлович, д. т. н., профессор кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Information about the authors

Ivanov V. A., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Transportation of Hydrocarbon Resources, Industrial University of Tyumen, phone: 89088743877, e-mail: ivanov_v_a@list.ru

Sokolov S. M., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Transportation of Hydrocarbon Resources, Industrial University of Tyumen

УДК 622.276

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ СТАЦИОНАРНОЙ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

FEATURES OF APPLICATION OF MODEL OF THE STATIONARY TWO-PHASE FILTRATION FOR OIL FIELDS DEVELOPMENT

В. А. Коротенко, С. И. Грачев, Н. П. Кушакова

V. A. Korotenko, S. I. Grachev, N. P. Kushakova

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Ключевые слова: двухфазная фильтрация; коэффициенты насыщенности; относительные фазовые проницаемости; капиллярное давление

Key words: two-phase filtration; coefficients of saturation; relative permeabilities; capillary pressure

При проектировании технологий извлечения подвижных запасов нефти из залежей, охваченных заводнением, применяются гидродинамические модели, которые основываются на уравнениях механики многофазной нестационарной фильтрации флюидов в сплошной пористой среде. Изучаются изменения физических параметров флюидов и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллектора посредством лабораторных исследований, с последующим построением реологических уравнений или уравнений состояния. Совокупность дифференциальных и реологических уравнений является основой для описания процессов фильтрации многофазных сред. Моделирование физических процессов, происходящих в пласте, описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений, которые решаются приближенными аналитическими или численными методами [1–4].

Рассмотрим двухфазную фильтрацию вытеснения нефти водой для изотермического процесса. Для исследования нестационарной фильтрации имеем два дифференциальных уравнения в частных производных

$$\frac{\partial F_{1i}}{\partial t} = \frac{a_{0i}}{\beta_{2i}} \operatorname{div} F_{2i},$$
$$F_{1i} = s_i (1 + \beta_{1i}(p_i - p_0)), F_{2i} = k_i^* (s_i) \operatorname{grad}(1 + \beta_{2i}(p_i - p_0)), \quad (1)$$