УДК 622.245

КАЧЕСТВО – КАК ЦЕЛЬ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН

QUALITY AS THE GOAL OF WELL CONSTRUCTION

Федорова Наталья Григорьевна
доктор технических наук, профессор
кафедры строительства нефтяных и газовых скважин,
институт нефти и газа,
Северо-Кавказский федеральный университет
ms.sngs@mail.ru

Димитриади Юлианна Константиновна
кандидат технических наук, доцент, заведующая
кафедрой строительства нефтяных и газовых скважин,
институт нефти и газа,
Северо-Кавказский федеральный университет
ms.sngs@mail.ru

Мураджанов Игорь Владимирович
кандидат педагогических наук, доцент
кафедры строительства нефтяных и газовых скважин,
институт нефти и газа,
Северо-Кавказский федеральный университет
ms.sngs@mail.ru

Каверзин Сергей Александрович
кандидат экономических наук, доцент
кафедры строительства нефтяных и газовых скважин,
институт нефти и газа,
Северо-Кавказский федеральный университет
ms.sngs@mail.ru

Аннотация. Качество скважин обычно связывают такими свойствами, как надежность, долговечность, герметичность и продуктивность. При этом первыу три свойсва обеспечиваются несущей конструкцией скважин – крепью, а продуктивность (в ракурсе строительства скважин) в значительной степени определяется состоянием прискважиной зоны продуктивного пласта. В стате расмотривается проблема формирования заданных свойств крепи при строительстве скважин. Обращается внимание на факторы, которые надо учитывать или преодолевать, если целью ставится получение надежных, герметичных и долговечных скважин.

Ключевые слова: скважина, цель, качество, свойства, формирование, крепь, цементные оболочки, обсадные колонны.

Fedorova Natalia Grigorevna
Doctor of Engineering Sciences,
Professor of Sub-Department «Design
of Oil and Gas Wells»,
Institute of Oil and Gas,
North-Caucasus Federal University
ms.sngs@mail.ru

Dimitriadi Yulianna Konstantinovna
Candidate of Engineering Sciences,
Docent, Head of Sub-Department «Design
of Oil and Gas Wells»,
Institute of Oil and Gas,
North-Caucasus Federal University
ms.sngs@mail.ru

Muradzhanov Igor Vladimirovich
Candidate of Pedagogical Sciences,
Docent of Sub-Department «Design
of Oil and Gas Wells»,
Institute of Oil and Gas,
North-Caucasus Federal University
ms.sngs@mail.ru

Kaverzin Sergey Alexandrovich
Candidate of Economic Sciences,
Docent of Sub-Department «Design
of Oil and Gas Wells»,
Institute of Oil and Gas,
North-Caucasus Federal University
ms.sngs@mail.ru

Annotation. Well quality is usually associated with such properties as reliability, durability, tightness and productivity. At the same time, the first three properties are provided by the bearing structure of the wells - lining, and productivity (in terms of well construction) is largely determined by the state of the near-well zone of the productive formation. The article considers the problem of forming the specified properties of the lining during the construction of wells. Attention is drawn to the factors that must be taken into account or overcome if the goal is to obtain reliable, tight and durable wells.

Keywords: well, quality, purpose, properties, construction, lining, cement linings, casing strings.

Конечный результат какой-либо деятельности
определяется поставленной целью

Преамбула

Надежность, долговечность,герметичностьи способность давать продукцию в запланированных объемах – желаемые свойства, определяющие качество скважины по завершении ее строительства.

На практике нередко понятие «качество скважины» считают эквивалентным понятию «качество строительства скважины». В этой связи отметим, что свойства, определяющие качество скважин, формируются при выполнении технологических операций. Однако выполнение операций в соответствие с проектныи требованиями не гарантирует получение скважины, обладающей должными свойствами. Причинами могут быть недостатки самого проекта, неточность информации о геологическом строении интервала проводки скважины, недостатки самой технологии, оборудования и др.

Существенно, что надежность, долговечность и герметичность скважины определяются соответствующими свойствами ее несущей конструкции – крепи, а продуктивность (в ракурсе строительства скважины) в значительной степени зависит отсостояния прискважинной зоны продуктивного пласта.

Рассмотрим формирование желаемых свойств крепи скважин. Поскольку крепь состоит из обсадных колонн (далее, колонн) и цементных оболочек рассмотрим вначале формирование свойств цементных оболочек.

1. Формирование свойств цементных оболочек

Цементные оболочки создаются в скважине при цементировании обсадных колонн (далее, колонн), поэтому для начала рассмотрим используемую терминологию, поскольку в нейотражается цель выполнения операции.

О взаимосвязи цели и результата

Повторим, что цементные оболочки должны быть герметичными, надежными (в данном контексте – прочными) и долговечными.

Герметичность означает, что не будет перетоков флюидов между пластами (пласты разобщены) и что оболочка не содержит каналов для миграции флюида к устью скважины. Прочность позволяет цементной оболочке воспринимать вес зацементированной колонны, другими словами, разгружать колонну от собственного веса.

На практике и в литературе, в том числе в учебной, вместо названия операции – «цементирование обсадных колонн» – используют такие выражения, как «цементирование скважин» или «разобщение пластов», а результат цементирования колонн называют – «цементное кольцо» или «цементный камень».

Если обратить внимание на то, что результат какого-либо действия связан с поставленной целью его выполнения, то можно отметить следующее.

Если при цементировании колонн целью ставится «цементирование скважин», то это не предполагает получения в результате выполнения операции цементной оболочки, обладающей необходимыми свойствами.

Операция «цементирование скважин» в большей степени соответствует установке цементных мостов при строительстве или ликвидации (консервации) скважин.

Если при цементировании колонн целью ставится «разобщение пластов», то это указывает на желаемое свойство цементной оболочки – не допускать перетоков флюидов между пластами. При этом результат операции не предполагает:

– формированиеза колонной цементной оболочки;
– недопущение миграции флюида к устью скважин;
– разгрузку цементируемой колонны от собственного веса.

Отметим, что при строительстве скважин цемент начали использовать в конце XVIII начале IX вв. именно для разобщения проявляющих пластов, при этом название операции в точности соответствовало ее цели [1].

Если результ цементирования обсадной колонны видят в получении «цементного кольца» или «цементного камня», то его получают. Но при этом смысловая нагрузка формулировки результата не дает понимания того, что в итоге операции должен быть создан элемент крепи скважины – цементная оболочка, способная выполнять требуемые функции.

К слову заметим, что обсадную колонну – металлическую оболочку – в отрасли не называют «металлическое кольцо» или «металл».

Считаем, что правильно поставленная цель выполнения технологической операции по цементированию обсадных колонн будет формировать сознательный подход к ее достижению.

Относительная сложность цементирования обсадных колонн

Качество цементирования колонны оценивается по данным геофизических исследований. Основным критерием при этом является плотность (жесткость) контакта цементной оболочки с горными породами и обсадной колонной [2] (конечно, при отсутствии межколонных давлений).

Считается, что качественное цементирование колонн является одной из самых трудных задач в виду того, что процесс выполняется в недрах земли, интервал цементирования обычно измеряется тысячами метров, а процесс замещения бурового раствора тампонажным в цементируемом пространстве – практически не поддается контролю.

Для сравнения рассмотрим элементы технологии сооружения здания реактора атомной электростанции (АЭС), обеспечивающего ее ядерную безопасность. Здание выполняется в виде двойной железобетонной оболочки (рис. 1) [3].

Технология строительства оболочек предусматривает монтаж армирующих металлических блоков (АРМ блоки), а затем их бетонирование.

Наружная защитная оболочка рассчитана на восприятие экстремальных внешних воздействий. Внутренняя оболочка – должна быть герметичной и ее главной функцией является предотвращение выхода радиоактивных веществ в окружающую среду при аварии.

Обратим внимание на основные геометрические размеры цилиндрической части внутренней оболочки: внутренний диаметр – 44 м; высота – 45,85 м; толщина – 1,2 м.

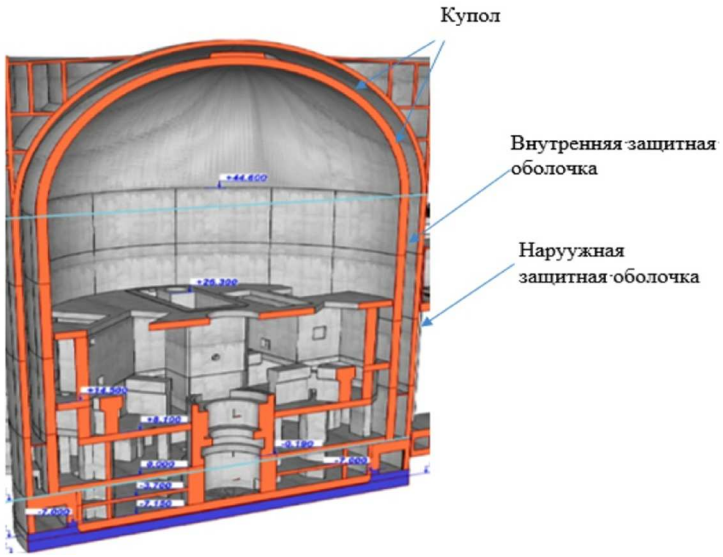

Рисунок 1 – Схема здания реактора АЭС

Можно заметить, что если при цементировании колонн осложняющим фактором является длина интервала цементирования, то при сооружении защитных оболочек АЭС – их значительная толщина. Поэтому по высоте армблоки цементируют (бетонируют) в опалубке ярусами.

При бетонировании АРМ блоков наблюдаются такие явления, как, например, образование каверн, раковин, расслоение бетонной смеси, ухудшение прочностных характеристик бетона. И если в полученной железобетонной оболочке обнаружены дефекты, то проводятся ремонтно-восстановительные работы.

Подобные явления наблюдаются и при цементировании обсадных колонн.

Поэтому в обеих отраслях ведутся исследования по совершенствованию свойств материалов и технологий в одном случае для выполнения бетонных работ при сооружении защитных оболочек реактора, в другом – для цементирования обсадных колонн.

О роли опалубки при создании оболочек

Рассмотрим внешний вид полученной внутренней защитной оболочки реактора (рис. 2).

Рисунок 2 – Внешний вид внутренней защитной оболочки

Очевидно, что качество формы и поверхности внутренней оболочки реактора связаны с состоянием опалубки. Именно поэтому опалубка (съемная) сооружается в соответсвии с требованиями стандарта [4].

Что касается цементируемой обсадной колонны, то в общем случае, она будет располагаться внутри предыдущей обсадной колонны и в открытом стволе скважины.

Как видно, формирование цементной оболочки также происходит в «опалубке» (несъемной), роль которой выполняют цементируемая колонна, стенки ствола скважины и предыдущая колонна.

Когда цементная оболочка формируется между двумя колоннами вопросов к качеству «опалубки» не возникает.

В зоне открытого ствола скважины качество опалубки будет определяться состоянием (качеством) ствола скважины – его конфигурацией и диаметром по длине интервала цементирования, – а также наличием на стенках скважины проницаемой, рыхлой глинистой корки.

Принципиально, что если при бурении целью ставить качество ствола скважины, имея в виду, что в дальнейшем он будет использоваться как опалубка для цементированиия обсадной колонны, то это автоматически повлечет за собой соответсвующие требования к буровому раствору, породоразрушающему инструменту, технологии и параметрам режима бурения и др.

Требования к скорости бурения при этом будут иметь рекомендательный характер.

Отметим, что, качество ствола скважины также существенно влияет на степень замещения тампонажным раствором бурового, т.е. способствует получению качественного материала цементной оболочки – цементного камня.

Если при бурении целью ставить достижение максимальной скорости бурения, то также будут выставляться требования к буровому раствору и др. указанным выше параметрам, но требования к качеству ствола скважины будут иметь второстепенное значение.

Подведеем итоги

Если при бурении целью ставится – увеличение скорости проводки ствола скважины, то результатом будетсокращение сроков и стоимости строительства скважин.

Если при бурении целью ставится – качество ствола скважины, то результат работает на качество крепи скважины. При эксплуатации это будет отражаться в сокращении затрат на содержание скважины (за счет уменьшения количества ремонтных работ по ликвидации негерметичности крепи), снижении себестоимости продукции и негативного воздействия на окружающую среду – за счет предотвращения утечек флюида.

В связи изложеным ясно, что при бурении приоритет должен отдаваться качеству ствола скважины, а также то, разрушение стереотипов и правильно поставленная цель выполнения соответствующей технологической операции будут способствовать получению цементной оболочки, обладающей нужными свойствами.

О коррозии цементных оболочек

Если резюмировать результаты исследования коррозии материала цементных оболочек – цементного камня – в скважинах, то можно отметить следующее [5, 6]. В скважинах цементные оболочки не подвергаются действию движущегося с напором флюида (в частности, жидкости).

Коррозия цементного камня может возникать при наличии агрессивной среды (горных пород, флюида). Плотность цементного камня препятствует развитию процесса коррозии.

Остается не ясным вопрос опродуктах коррозии – куда они деваются? Допускается, что продукты коррозии могут даже привести к повышению плотности цементного камня.

Обобщая материалы [5, 6] можно высказать предположение, что если:

– цементная оболочка, сформирована из соответствующим образом подобранной тампонажной композиции;

– в «опалубке» должного качества;

– плотность сформированного цементного камня соответсвует проектной;

– оболочка имеет жесткие контакты с горными породами и обсадными колоннами (в общем случае), то цементная оболочка не будет подвержена коррозии при эксплуатации даже при наличии коррозионной среды.

Другими словами, качество – эффективное средство защиты цементных оболочек от коррозии.

О долговечности цементных оболочек

В скважине цементные оболочки, находятся между обсадными колоннами, или обсадной колонной и стенками скважины, т.е. между опорными конструкциями. Поэтому необходимым условием для разрушения цементных оболочек будет являться разрушение опорных конструкций [7]. Долговечность цементных оболочек при этом будет определяться долговечностью наиболее нагруженного элемента крепи – эксплуатационной колонны.

2. О свойствах обсадных колонн

Что касается надежности, герметичности и долговечности обсадных колонн, то можно отметить следующее:

– колонны компонуются из обсадных труб, прочность которых соответствует максимальным эксплуатационным нагрузкам;

– герметичность обеспечивается соответствующим типом резьбовых соединений (труб) видом их смазки и усилием затяжки соединения (при рекомендуемой величине момента свинчивания);

– долговечность обеспечивается соответствием выбранного материала и прочностных характеристик труб условиями эксплуатации.

Наличие выходного и входного контроля контроля труб направлено на исключение спуска в скважину труб, имеющих какой-либо брак.

В таком случае целью является сохранение исходных свойств колонны при спуске в скважину и при цементировании.

Отметим, что вероятность повреждения (разгерметизации) колонн при спуске в скважину в значительной мере зависит от качества ее ствола, а также то, что отдельным вопросом является длительность сохранения резьбовыми соединениями обсадных труб усилия затяжки.

Выводы

Строительство качественных скважин – выгодно и реально.

Одним из необходимых условий является правильно поставленные цели выполнения технологических операций и стремление к их достижению.

Достижении поставленной цели при этом может потребовать решения определенных задач, в том числе выполнения научных исследований.

И еще один момент

О достижении цели можно судить при условии, что качество завершенных строительством скважин будет оцениваться.

Оценка качества завершенных строительством скважин потребует разработки соответствующих методик и нормативных документов.

Заключение

В отрасли пришло понимание того, что ситуация с качеством скважин требует изменения.

Одним из примеров может может служить реализуемая в ПАО «Газпромнефть» программа «Технический предел», когда строительство скважин рассматривается как комплексный процесс, а целью является строительство скважин с оптимальным сочетанием цены и качества. При этом проект на строительство скважины, а также полученные результаты анализируются участниками процесса, делаются выводы, которые учитываются при разработке следующего проекта. Схема комплексного подхода к строительству скважин приведена на рисунке 3 [8].

Рисунок 3 – Комплексный подход к строительству скважин

На деле ведется работа по сокращению непроизводительных затрат времени и уменьшению стоимости строительства скважины [9].

Ситуацию можно изменить, если целью ставить – качество скважины. При этом анализ результатов технологических операций должен выполняться в ракурсе их работы на качество скважины, а по завершении цикла работ качество полученной скважины будет оцениваться.

О переходе к строительству качественных скважин можно будет судить, когда в печати станут появляться публикации о компаниях, строящих экологически безопасные (герметичные), надежные и долговечные скважины.

В заключении приведем слова мэтра нефтегазовой отрасли А.И. Булатова о том, что «весь процесс бурения должен быть подчинен требованиям создания приемлемых условий для сооружения герметичной крепи…» [6].

Литература:

1. Мильштейн В.М. Цементирование буровых скважин. – Краснодар : Просвещение-Юг, 2003. – 375 с.
2. Долгих Л.Н. Крепление, испытание и освоение нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2007. – 189 с.
3. Технология бетонирования внутренней защитной облочки реакторного здания Белорусской АЭС / Д.Н. Коротких [и др.] // Строительные материалы. – М., 2016. – № 5. – С. 10–16.
4. Работы бетонные при строительстве защитной оболочки реакторной установки атомных электростанций. Основные требования и организация контроля качества: СТО НОСТРОЙ 2.6.87-2013. – М. : ООО Издательство «БСТ», 2014. – 39 с.
5. Агзамов Ф.А., Махмутов А.Н., Токунова Э.Ф. Исследование коррозионной стойкости тампонажного камня в магнезиальных агрессивных средах // Георесурсы. – М., 2019. – Т. 21 (3). – № 3. – С. 73–78.
6. Булатов А.И. Детективная биография герметичности крепи нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Просвещение-Юг, 2008. – 768 с.
7. Шамшин В.И., Федорова Н.Г., Дубенко В.Е. К определению сроков безопасной эксплуатации нефтяных и газовых скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М., 2014. – № 3. – С. 30–32.
8. София Зорина. «Газпром нефть» запускает масштабную программу повышения эффективности бурения // Сибирская нефть. – 2015. – № 7 / 124. – С. 18–23.
9. Технический предел – проект повышения эффективности бурения / В. Погадаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 12. – С. 28–29.

References:

1. Milstein V.M. Cementation of boreholes. – Krasnodar : Prosveshchenie – Yug, 2003. – 375 p.
2. Dolgikh L.N. Fastening, testing and development of oil and gas wells: a training manual / Perm. State Technical University. – Perm, 2007. – 189 p.
3. Technology of Concreting of Internal Protective Cladding of Reactor Building of Belarusian NPP / D.N. Korotkikh [et al] // Building Materials. – M., 2016. – № 5. – P. 10–16.
4. Concrete Works for Construction of Reactor Plant Protective Cladding for Nuclear Power Plants. Basic requirements and organization of quality control: STO NOSTROI 2.6.87-2013. – M. w: BST Publishing House LLC, 2014. – 39 p.
5. Agzamov F.A., Makhmutov A.N., Tokunova E.F. Study of corrosion resistance of plugging stone in magnesian aggressive media // Georesurs. – M., 2019. – Vol. 21 (3). – № 3. – C. 73–78.
6. Bulatov A.I. Detective Biography of Sealing of Oil and Gas Wells' Fastenings. – Krasnodar : Prosveshchenie – Yug, 2008. – 768 p.
7. Shamshin V.I., Fedorova N.G., Dubenko V.E. To determine the terms of safe operation of oil and gas wells // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – M., 2014. – № 3. – P. 30–32.
8. Sofia Zorina. «Gazprom Neft launches large-scale drilling efficiency programme» // Sibirskaya Neft. – 2015. – № 7 (124). – P. 18–23.
9. Technical Limit – Drilling Efficiency Improvement Project / V. Pogadaev [et al.] // Oil Industry. – 2016. – № 12. – P. 28–29.