



Рис.1. Принципиальная схема опытного стенда

Заключение. Основываясь на кратком обсуждении, можно сказать, что представленный стенд, оснащенный некоторыми незначительными модификациями, может быть неоценимым подспорьем в проверке результатов моделирования CFD. Однако, для того, чтобы точно аппроксимировать условия скважины, необходимо построить огромные стенды, требующие больших капитальных затрат, но даже они пока не могут точно моделировать ситуации в скважине или давать количественные значения, которые могут быть использованы для проверки результатов математических моделей. Тем не менее, они необходимы для качественной проверки предсказаний математических моделей.

Литература

1. <https://netl.doe.gov/node/3676>
2. Onouhah M., Ismail I., Piroozian A., Mamant N., Ismail A. Improving the Cuttings Transport Performance of Water-based Mud Through the Use of Polypropylene Beads // Sains Malaysiana/ -2015/ -№ 44(4). –P. 629–634.
3. Oseh J., Noorul Anam M. & Sidiqi A. Improving The Lifting Capacity of Drilled Cuttings Using Henna Leaf Extracts and Lignite in Bentonite Water-Based Drilling Mud// J. Eng. Technol. Sci. -2019. -Vol. 51. -No. 3 –P. 355-368.
4. Sun Xiaofeng, Wang Kelin, Yan Tie1, Zhang Yang, Shao Shuai and Luan Shizhu. Review of Hole Cleaning in Complex Structural Wells // The Open Petroleum Engineering Journal. -2013, -Vol.6. -P. 25-32.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И УСПЕХЫ В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ОЧИСТКУ СКВАЖИН ОТ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

М. Джанхорбани

Научный руководитель - профессор, доктор физ. –мат. наук С.Н. Харламов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Введение. Существующие методы очистки скважины являются весьма трудоемкими и продолжительными (от нескольких часов до дней). Получить сведения о чистоте скважины можно при помощи коротких спускоподъемных операций, что часто рискованно. Важны оригинальные подходы, сокращающие время очистки [1].

Цель - представить современный анализ проблем очистки скважин, оценить достоинства моделей, предсказывающих процесс забоя, дать заключения о путях очистки ствола скважины.

Актуальность. По мере истощения залежей нефти и газа технология добычи требует обращения к бурению более глубоких, длинных, горизонтальных или многосторонних скважин, с целью достичь залежей сырья на шельфе и в других отдаленных местах. Бурение скважин такого типа сопряжено со многими трудностями, например, с их очисткой.

Теоретический анализ проблем. Первые попытки по моделированию процесса очистки скважины были сделаны путем установления опытных стендов (типа flow loops), анализа влияния различных параметров на очистку скважин и наблюдения за механизмом транспортировки шлама. Это было сделано в лабораториях при Французском институте нефти (IFP), университетом научно-исследовательских проектов бурения Талса (UTDRP), университет Хериот-Ватт, БП, Юго-Западного исследовательского, М. И. Буровые растворы, японская национальная нефтяная компания (JNOC), Vj Services, Ближневосточный технический университет (METU), Petrobras и Китайский университет нефти. В этих центрах были качественно изучены эффекты: расхода текучей среды; реологии бурового раствора; наклона, вращения трубы; ROP, размера частиц; эксцентриситета трубы; плотности бурового раствора и т.д. Однако, рассматриваемые стенды, имеющие ряд важных недостатков, не могут описывать реальный транспорт шлама в скважинных условиях, учитывая, например, приток пластовой жидкости, обрушение ствола скважины и изменение кольцевой температуры. Кроме того, эти установки могут измерять только высоту или площадь слоя шлама и давление, а также не могут регистрировать поле скорости и распределение концентрации частиц. Таким

образом, вычислительная гидродинамика (CFD) - инструмент, который может дополнять сведения о процессе транспорта шлама по моделям течений жидкости и шлама. Первая такая попытка была предпринята Бильгесу (2002), и вскоре за ней последовали другие. Бильгесу и др. (2007) показали, что на транспортировку мелких частиц влияет вращение буровой трубы, но скорость вращения не оказывает существенного влияния на транспортировку крупных частиц. Ахмед и Миска (2008) утверждали, что различные параметры бурения, влияют на потерю кольцевого давления. Ли и др. (2010) показали, что вращение трубы между 80 и 120 об / мин оказывает значительное влияние на очистку скважины. Ван и др. (2008) представили эмпирическую корреляцию для прогнозирования высоты шламового слоя. Соргун и др. (2011) показали, что минимальная скорость, необходимая для подъема неподвижного шлама, уменьшается при увеличении вращения буровой трубы до определенной степени. Сун и др. (2014) показали, что при малых и средних скоростях потока вращение трубы оказывает заметное влияние на накопление шлама и падение давления в затрубном пространстве. Однако после того, как вращение трубы достигает критической скорости при высоких скоростях потока, влияние вращения трубы на очистку отверстий уменьшается. Ян и др. (2014) исследовали влияние различных условий бурения на очистку скважин в азрированном буровом растворе с использованием CFD и пришли к выводу, что определенный диапазон вращения буровой колонны, очевидно, улучшает транспортировку шлама. Офеи и Алхемари (2015) показали, что увеличение скорости вращения буровой трубы с 0 об / мин до 120 об / мин существенно снижает концентрацию шлама в затрубном пространстве. Тем не менее, эффект вращения буровой трубы незначителен при высоких скоростях потока жидкости. Ахшика и др. (2016) попытались объяснить влияние сферичности частиц и обнаружили, что по мере того как форма отклонялась от идеальной сферы, концентрация частиц и скорость переноса увеличивались. Деванган и Синха (2016) исследовали набор параметров, таких как кинетическая энергия турбулентности смеси, вращение трубы, скорость потока жидкости и скорость скольжения, которые влияют на распределение резания в горизонтальном кольце с использованием двухфазного Эйлера-Эйлера подхода. Кешаварз и др. (2017) изучили влияние вращения трубы, наклона отверстия и относительных расходов потока на очистку отверстий для аэрированных растворов.

Результат и обсуждение. Используя экспериментальные наблюдения и моделирование CFD, большое количество корреляций и модели были разработаны для понимания процесса транспортировки шлама. Для количественного описания эффективности транспортировки шлама, используются два типа параметров.

Первый тип показывает количество кольцевого шлама при заданном режиме бурения и второй тип показывает требуемая кольцевая скорость, позволяющая удерживать минимальное количество шлама в скважине. Нгуен и др. (1996) разработали стационарную двухслойную модель, однако при уменьшении расхода потока начинает появляться стационарный слой шлама, поэтому Чо и др. (2000) разработали трехслойную модель без учета притока и оттока из коллектора. Модель также игнорировала скольжение между твердым и жидким телами, вращение буровой трубы и взаимодействие твердого и жидкого тел. Эта модель была использована для применения колтубинг, однако, аналогичная модель предложенная Ванг и др. (2004) может быть применена для расчета высоты слоя шлама и перепада давления в различных условиях. Приведенные выше модели были разработаны на основе стационарного состояния и не описывали формирование слоя шлама. Ли и др. (2007) представляли 1D модель переноса переходных шламов с обычными буровыми растворами. Модель учитывает проскальзывание между буровым раствором и шламом и может быть использована для прогнозирования высоты пласта шлама в зависимости от расхода бурового раствора, реологии, геометрии ствола скважины и эксцентриситета буровой трубы. Сюзана и др. (2008) добавили в модель взаимодействие твердого тела с жидкостью, и эта модель может быть использована для моделирования высоты пласта шлама, давления, концентрации шлама и Эквивалентная Плотность Циркуляция (ЭПЦ) по всей траектории скважины.

Второй тип моделей дает минимальную среднюю скорость кольцевой жидкости, необходимую для предотвращения образования слоя шлама. Чжао и др. (2004) исследовали критическую скорость для инициирования движения с учетом случайности расположения частиц. Дуань и др. (2009) разработали механистическую модель для прогнозирования критической скорости для твердого пласта с учетом эксцентриситета трубы. Озбайоглу и др. (2010) провели обширные эксперименты по разработке эмпирической корреляции для расчета оценки критической скорости предотвращения развития слоя шлама. Учитывались наклон, механической скорость проходки, кольцевой размер, вязкость и плотность бурового раствора. Но корреляция подходит только для полного эксцентриситета и без вращения буровой трубы. Мохаммад Салехи и др. (2011) объединили модель Ларсена (1993) и корреляцию Мура и разработали корреляцию минимального расхода для всех диапазонов наклона.

Заключение. Отмеченные модели имеют упрощения, которые приводят к ненадежным результатам. Наиболее распространенным из этих упрощений являются пренебрежение различиями в форме и размере частиц; массе и теплопередаче к породе и обрушению стенок ствола скважины. Заметим, что перспективные исследования задач будет сосредоточено на учете отмеченных факторов или на доказательстве того, что они действительно незначительны. Использование камер видеонаблюдения в стендах уже становится обычным делом, и достижения в области компьютерных технологий теперь позволяют исследователям решать более сложные дифференциальные уравнения с более мелкими размерами ячеек в разумные промежутки времени, а лучшие и более доступные скважинные датчики предоставляют исследователям более надежные (по большей части, однако, все еще качественные) данные для проверки результатов математических моделей.

Литература

1. Mostafa Keshavarz Moraveji, Mohammad Sabah, Ahmad Shahryari, Ahmadreza Ghaffarkhah. Investigation of drill pipe rotation effect on cutting transport with aerated mud using CFD approach // Advanced Powder Technology, - 2017. -Vol. 28. -Iss. 4. -P. 1141-1153.