

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

степенной функцией от режимных параметров G и n с параметрическими коэффициентами, зависящими от типа бурового раствора, вида долота, физико-механических свойств породы и др. Уравнение имеет одинаковый вид как для отечественных, так и для зарубежных моделей. Для математической модели времени износа опоры долота рекомендуется добавить в зависимость $t_0 = f(G, n)$ параметр Q - расход бурового раствора в явном виде, а не в виде обобщенного коэффициента, учитывающего множество факторов - тип долота, вид породы и др.

Заключение. Произведено исследование технологического процесса замены долота, а также проанализированы основные математические модели времени работы долота. Можно сделать вывод, что как для опоры, так и для вооружения долота, математическая модель времени износа также является степенной функцией от режимных параметров G и n . Уравнения времени износа опоры и вооружения используются как накопительные функции для выполнения расчетов по определению затраченного долотом ресурса работы как по опоре, так и по вооружению, и в дальнейшем для определения времени подъема долота при достижении допустимых значений.

Литература

1. Цуприков Л.А. Интеллектуальная система адаптивного управления технологическим процессом бурения нефтегазовых скважин: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.13.06 / [ГОУ ВПО "Кубанский государственный технический университет"]
2. Булатов А.И., Проселков Ю.М., Шаманов С.А. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин. Учебник. Издание: Недра, Москва, 2003 г., 1007 стр., УДК: 622.24:622.143 (075.8), ISBN: 5-8365-0130-0.
3. Беркунов В.С., Леонов Е.Г. Обобщенные формулы для определения оптимальных значений времени отработки долота и его проходки [Текст]. НТЖ "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море" -М.: ВНИИОЭНГ, №10, 1999. -с. 20-21
4. Спициадель В.Н. Основы системного анализа: Учеб. пособие. - СПб.: "Изд. Дом "Бизнес-пресса", 2000 г. - 326 с. 20 см. -5000 экз. ISBN 58110-0025-1
5. Gupta S. K., Wahi P. Tuned dynamics stabilizes an idealized regenerative axial-torsional model of rotary drilling // Journal of Sound and Vibration. -- 2017. -- Jan. -- Т. 412. -- С. 457-473.

**АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОИСК СПОСОБОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
РАСТВОРЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

А.С. Королев, С.С. Чернев

Научный руководитель – профессор С.Н.Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день редко можно встретить скважину, при строительстве которой не использовались бы полимеры. В связи с этим их изучению и модернизации отводят большое количество времени и денежных средств. Однако в условиях промысла зачастую возникают проблемы при приготовлении буровых промывочных жидкостей. Частицы полимера слипаются, что приводит к неполному их растворению. В свою очередь это приводит к не достижению буровым раствором заданных технологических параметров и, как следствие, увеличению вероятности возникновения осложнений, а также потере полимера в системе очистки.

Цель исследования заключается в поиске способов оптимизации процесса растворения полимерных материалов при применении их в бурении нефтяных и газовых скважин. В данной работы определяются задачи: проведение обзора применяемых в бурении полимеров; анализ процессов и эффективности математических моделей растворения полимерных материалов; формулировка способов повышения скорости растворения полимеров.

Опыт исследования данных проблем показывает, что полимеры могут быть классифицированы на:

природные материалы;
модифицированные природные материалы;
синтетические материалы [1].

Наиболее часто используются модифицированные природные материалы. Его яркие представители – КМЦ и ПАЦ. Данные реагенты в буровых растворах преимущественно выполняют функции понизителей фильтрации и регуляторов реологических свойств.

Существует пять основных подходов к моделированию процесса растворения полимера:

Феноменологические модели с уравнениями Фика;
Модели с внешним массообменом как процессом, контролирующим процесс растворения полимера;
Модели релаксации стресса и молекулярные теории;

Анализ с использованием моделей переноса для законов набухания и законы масштабирования для «распутывания» цепей;

Модели континуума [2].

Для полимеров, используемых в бурении, процесс набухания длится сравнительно малый промежуток времени по сравнению со временем непосредственно растворения [3]. Таким образом, для описания процесса их растворения на первом этапе будет достаточным применение модели внешнего массообмена – модели Хиксона Кроуэла. Данная модель наиболее распространена в теории растворения и на данный момент применяется в том числе при исследовании растворения лекарственных средств [4].

Эта модель основана на базовом физическом предположении, что скорость растворения будет зависеть от площади поверхности полимера, соприкасающегося с растворителем. То есть, чем выше дисперсность порошка полимерного реагента – тем выше скорость растворения. Конечное уравнение представляется в виде:

$$F(t) = 1 - \left(1 - \frac{9a_0 m_0}{r_0 \rho} t\right)^3, \quad (1)$$

где $F(t)$ – функция, характеризующая долю растворившегося полимера; a_0 – коэффициент пропорциональности, зависящий от природы полимера, с/м^2 ; m_0 – масса полимера в загрузке, кг; r_0 – эффективный начальный радиус растворяющейся частицы полимера, м; ρ – плотность полимера, кг/м^3 ; t – время, с. Из (1) видно, что скорость растворения частицы полимера обратно пропорциональна ее эффективному радиусу, что подтверждает предположение о том, что увеличение степени дисперсности увеличит скорость растворения полимера. Однако, частицы полимера любого размера при контакте с водой образуют крупные агломераты (>5 мм) вследствие образования гидратной оболочки вокруг них. Появление таких агрегатов обуславливает уменьшение площади поверхности контакта полимера с растворителем, что, в свою очередь, увеличивает суммарное время растворения. Таким образом, необходимо замедлить процесс гидратации.

Полимеры, используемые в бурении, являются полярными и хорошо растворяются только в полярных растворителях. Исходя из этого был предложен способ диспергирования сухого полимера в неполярной жидкости, не вызывающей набухания и растворения полимера. Для первоначальных испытаний в качестве такой жидкости был выбран оксаль Т-92, который представляет собой продукт дополнительной переработки высококипящих побочных продуктов производства диметилдиоксиана, содержит примерно в равных количествах диоксановые эфиры и спирты и много- и одноатомных спирты.

При диспергировании полимера в оксале Т-92, последний равномерно обволакивает все частицы. За счет этого при попадании такого полимера в воду не наблюдается прежнего агрегатирования частиц, поскольку время до смыва пленки с их поверхности достаточно для распределения частиц на расстояние, на котором образование гидратной оболочки оказывает существенно меньшее влияние на дальнейший процесс растворения. Однако это время незначительно, что позволяет не учитывать его в модели в первом приближении.

Эксперименты показали существенный рост скорости растворения в результате применения суспендированного полимера. В опытах контролировался наиболее показательный технологический параметр бурового раствора – показатель фильтрации. Выбор именно этого параметра обусловлен его меньшей чувствительностью к пенообразованию в растворе, вызванном добавлением оксала Т-92, который проявляет слабые поверхностно-активные свойства в воде. Так, если бы была выбрана в качестве контрольного параметра вязкость, результаты были бы существенно искажены.

Экспериментальные данные отображены на рисунке 1. Из полученного графика видно, что образец полимера при его вводе в сухом виде снижает показатель фильтрации в полном соответствии с теоретической зависимостью – то есть по мере увеличения концентрации растворенного полимера показатель фильтрации изменяется экспоненциально. Но, картина кардинально меняется при вводе этого же полимера, предварительно диспергированного в оксале Т-92. В этом случае наблюдается резкое падение показателя фильтрации, свидетельствующее о возросшей скорости растворения полимера. Таким образом, за минимально фиксируемое время (в 5 минут) полимер полностью растворяется и значение показателя фильтрации становится постоянным и соответствующим данной концентрации.

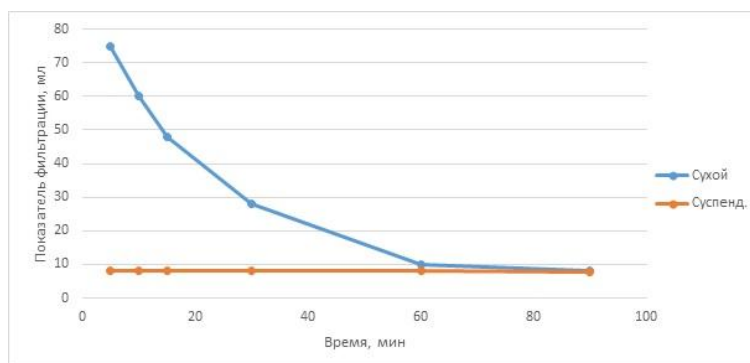


Рис. 1 Зависимость показателя фильтрации от времени растворения образцов полимера

Далее, в соответствии с приведенной выше математической моделью был подобран коэффициент пропорциональности a_0 , который бы наиболее полно соответствовал условиям эксперимента. Так, проведя ситовой анализ, из образца используемого полимера была отобрана фракция со средним диаметром 250 мкм. При вводе сухого полимера в модельный буровой раствор образовывались агрегаты со средним эффективным диаметром 2,5 мм. Плотность вещества полимера, согласно заявлению производителя, составляет 1,59 г/см³. В ходе эксперимента для каждого испытания бралась навеска полимера 2,5 г. Используя приведенные данные был подобран коэффициент a_0 , который составил 0,045. Полученная зависимость $F(t)$ представлена на рисунке 2.

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

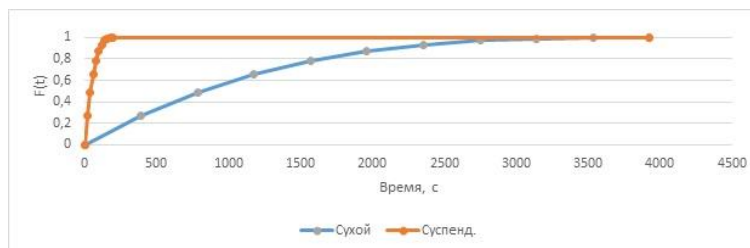


Рис. 2 Зависимости доли растворенного полимера от времени

Заключение. Исходя из анализа полученных результатов можно сделать вывод, что представленная математическая модель достаточно точно отражает моменты достижения полного растворения полимера. По модели время полного растворения полимера, введенного в сухом виде, составляет 65,4 мин, что практически соответствует экспериментальным данным. Аналогично для суспендированного полимера время составило 3,3 мин. Это подтверждает тот факт, что при данном вводе полимер растворяется менее, чем за 5 минут. Недостатком данной модели является то, что она не учитывает самой механики процесса растворения полимеров. Таким образом, дальнейшие работы в этой области будут направлены на формулировку фундаментальных уравнений процесса.

Литература

1. Caenn R., Darley HCH, Gray G. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids / 7th Edition. – Gulf Professional Publishing, 2017. – 729 p.
2. Miller-Chou B., Koenig J. A review of polymer dissolution. Prog. Polym. Sci. 2003; 28:1223–1270.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров, 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М.: Научный мир, 2007. - 573с.
4. Иванов С.И. Моделирование процессов растворения и деформации твердых тел с использованием параллельных вычислений: дис. ... канд. техн. наук. Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева, Москва, 2013

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В
УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТЫ ПОДВОДИМОГО ТОКА И НАЛИЧИЯ
ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО СЛОЯ**

Р.К. Коротченко

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Известно, что около 80 процентов добычи нефти в России осуществляется с помощью погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) [1]. Данное оборудование играет огромную роль в нефтяной отрасли. Поэтому задачи исследование этого оборудования, моделирование процессов, связанных с его работой, являются актуальными на сегодняшний день. В данной работе объектом исследования является составной элемент УЭЦН – погружной электродвигатель.

Цель работы: моделирование температурного поля электродвигателя, а также поведения этого поля при изменении частоты подводимого тока и образовании на поверхности двигателя загрязняющего слоя.

Режим работы установки контролируется и изменяется с помощью станции управления (СУ). На СУ можно регулировать частоту переменного тока, подводимого к ПЭД с поверхности. Мощность двигателя линейно зависит от частоты [2]:

$$N = N_{50} \cdot \frac{F}{50} (Вт) \quad (1)$$

Где: N – расчетная мощность; N_{50} – мощность при 50 Гц, F – частота Гц.

Изменение частоты для отечественных двигателей возможно в диапазоне 40 – 60 Гц [2]. Очевидно, что при изменении мощности будет изменяться количество теплоты, выделяемое двигателем. В связи с изменением выделяющегося количества теплоты будет изменяться температурное поле ПЭД.

В процессе эксплуатации ПЭД на его поверхности будет происходить осаждение смол, парафинов и др. Эти элементы будут образовывать на поверхности двигателя загрязняющий слой. Наличие загрязняющего слоя также будет приводить к дополнительному термическому сопротивлению, что, в свою очередь, приведет к нагреву двигателя.

Итак, для моделирования температурного поля ПЭД необходимо построить математическую модель на основе которой будет решаться задача, и задать конкретные численные параметры самого двигателя и среды, в которой он эксплуатируется. Для начала необходимо определить теоретические и физические предпосылки для решения. Для моделирования температурного поля необходимо допустить упрощения, а именно: