

Программа MarCS Engineer для расчета плотной упаковки частиц утяжелителей буровых растворов

Я.В. МЯСНИКОВ, генеральный директор ООО «ПетроИнжиниринг»,
С.Г. ГАДЖИЕВ, директор по развитию бизнеса ООО «ПетроИнжиниринг»,
А.В. ИОНЕНКО, генеральный директор ООО «ИСК «ПетроИнжиниринг»,
И.Н. ЕВДОКИМОВ, д.ф.-м.н., профессор РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина,
А.П. ЛОСЕВ, к.т.н., директор по исследованиям и разработкам ООО
«ПетроИнжиниринг»,
А.М. КРОНИН, инженер ООО «ИСК «ПетроИнжиниринг»

Приведено описание методов расчета и функциональных возможностей нового программного продукта MarCS, предназначенного для расчета плотной упаковки частиц утяжелителей в фильтрационной корке бурового раствора.

Ключевые слова: плотная упаковка частиц, буровой раствор, кольматант

Управление фильтрацией буровых растворов в проницаемые горные породы является одной из самых актуальных проблем в современной практике бурения. Особенно остро проблемы управления фильтрацией буровых растворов в настоящее время стоят для разрезов с аномалиями пластового давления, вызванными антропогенными факторами. Так, после продолжительной эксплуатации нефтяного или газового пласта, при строительстве новой сетки скважин в разрезе часто встречаются интервалы аномальных пластовых давлений. При этом характер аномальности давления может быть как положительным (т.н. АВПД, при активном заводнении), так и отрицательным (т.н. АНПД, при активном отборе флюида из пласта). Как в первом, так и во втором случае возникают несовместимые условия бурения по плотности промывочной жидкости.

В подавляющем большинстве случаев экономические ограничения не позволяют вносить существенные изменения в конструкцию скважин, такие как спуск дополнительной обсадной колонны, поэтому проектные и сервисные организации принимают решения о бурении таких неоднородных интервалов на растворах с плотностью, достаточной для предотвращения газонефтеводопроявлений и обеспечения устойчивости ствола скважины. При этом проходка таких интервалов заведомо сопровождается повышенными репрессиями: на все пласты, кроме эксплуатируемого, при наличии АВПД; и на эксплуатируемый пласт, в случае АНПД. Например, наша компания столкнулась с подобным случаем на скважине в Нижневолжском регионе, где репрессия на пласт с АНПД достигала 248 атм [1].

Неизбежным итогом такой технологической схемы является повышенная фильтрация бурового раствора в пласт, влекущая за собой целый ряд критических осложнений: дифференциальный прихват бурильного инструмента и обсадных колонн, интенсивное загрязнение пласта буровым раствором и другие. Пожалуй, единственным действенным средством для снижения фильтрации при большой репрессии является создание изолирующего непроницаемого экрана между скважиной и пластом, иными словами, фильтрационной корки на стенке скважины с минимально возможной проницаемостью.

Понизить проницаемость фильтрационной корки принципиально возможно двумя способами: используя полимеры, связывающие твердую фазу и повышающие вязкость фильтрата бурового раствора; и создавая плотную

упаковку частиц твердой фазы в фильтрационной корке. Количество используемых в составе бурового раствора полимерных реагентов лимитируется требованиями к реологическим параметрам промывочных жидкостей. Отсюда, регулирование гранулометрического состава твердой фазы буровых растворов становится главным управляющим фактором по отношению к фильтрации бурового раствора в пласт.

Плотная упаковка частиц в общем и упаковка утяжелителей для буровых растворов достаточно хорошо изучены как в академической, так и прикладной литературе [2 – 6]. Встречаются работы критического характера по отношению к расчетным моделям [7, 8]. Несмотря на обилие литературы, программные средства расчета, адаптированные для использования рядовыми полевыми инженерами, отсутствуют на рынке. Западные сервисные компании имеют подобные продукты, но предназначены они преимущественно для внутреннего использования. В этой связи и с учетом острой потребности в решении технологических задач, коллективом авторов был разработан собственный программный продукт под названием «MarCS Engineer» (далее – MarCS), основные отличительные особенности которого описаны ниже. Авторы разработки надеются, что сразу после завершения государственных регистрационных процедур, продукт будет доступен к свободной продаже.

MarCS (рис. 1) – программный продукт, при разработке которого основной акцент был сделан на универсальности, вариативности как исходных данных, так и используемых методов расчета. Исходные данные для расчета разделены на три группы:

1) массивы распределений по размерам частиц утяжелителя – библиотека результатов гранулометрического анализа утяжелителей; доступна обработка массивов, полученных на различных приборах – от рассева до лазерного дифрактометра;

2) данные о параметрах порового пространства проницаемого пласта: в зависимости от объема имеющихся геологических данных пользователь может ввести проницаемость пласта, средний (медианный) размер пор, квантили распределения по размерам проницаемых пор;

3) данные о природе утяжелителя и буровом растворе: плотность утяжелителя, исходная и целевая плотность бурового раствора, объем бурового раствора, суммарная масса вводимого в буровой раствор утяжелителя.

Пользователь может выбрать метод расчета из трех вариантов:

1) «Абрамс 1» – расчет по т.н. теории плотной упаковки Кауффера по одной точке исходных данных;

2) «Абрамс 2» – расчет по т.н. теории плотной упаковки Кауффера по двум точкам исходных данных;

3) «Викерс» – расчет по 5 критериям Викакса.

Алгоритмы расчета поэтапно оптимизированы по шагу объемного содержания каждой марки утяжелителя и по критериям значимости и адекватности суммарного распределения по размерам.

Итог расчета – таблица с концентрациями каждой марки утяжелителя в целевом буровом растворе, фильтрационная корка которого имеет плотную произвольную упаковку частиц. Результаты расчета могут быть выведены также в объемных долях по каждой марке утяжелителя, если не известен планируемый объем бурового раствора; или в тоннах по каждой марке утяжелителя, если в начале процедуры была задана суммарная масса утяжелителей.

MarCS визуализирует исходные данные и результаты расчета. Программа отображает исходные распределения частиц по размерам для каждой марки утяжелителя, суммарное результирующее распределение частиц, целевые распределения и параметры – в интегральной и дифференциальной формах. Также на дисплей и в отчет выводятся итоговые величины критериев значимости и адекватности суммарного распределения по размерам.

По результатам расчета MarCS автоматически формирует отчет в формате Word, готовый для подписания и передаче на буровую для приготовления очередной порции бурового раствора.

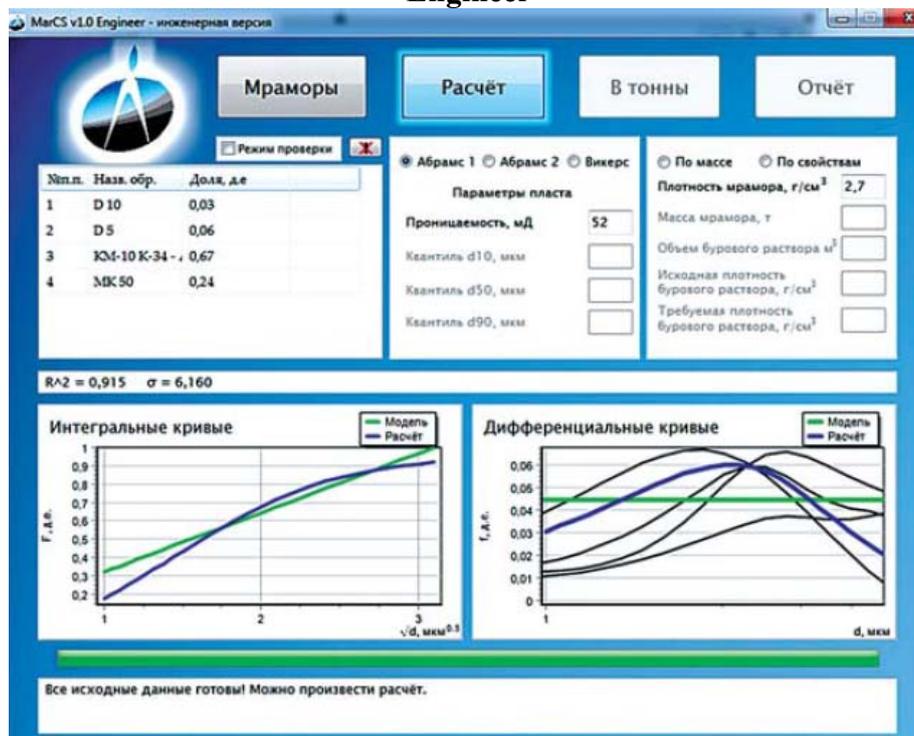
Следует отметить, что программа имеет режим проверки правильности подбора утяжелителей в уже приготовленном буровом растворе, что может оказаться удобным в оперативной обстановке для принятия решений о пригодности, обработке бурового раствора.

Программа MarCS Engineer прошла многократное опробование специалистами нашей компании и активно используется в практике работы. Авторы разработки надеются, что универсальный функционал программного продукта будет полезен широкому кругу буровых специалистов.

Литература

1. Лосев А.П. Опыт реализации технологии создания плотной упаковки в фильтрационной корке на примере Антиповско-Балыклейского месторождения // Материалы VII межд. науч.-техн. конф. ОАО «ЛУКОЙЛ» по проблемам строительства скважин. 2014. 15 с.
2. Kaeuffer M. Determination de L'Optimum de Remplissage Granulometrique et quelques Proprietes S'y Rattachant // Congress International de l'A.F.T.P.V., Rouen. Oct. 1973.
3. Abrams A. Mud Design to Minimize Rock Impairment Due to Particle Invasion // Journal of Petroleum Technology. 1977. Vol. 29. Iss. 5. Pp. 586 – 592.
4. Hands N., Kowbel K., Maikranz S., Nouris R. Drill-in Fluid Reduces Formation Damage, Increases Production Rates // Oil and Gas Journal. July 13. 1998.
5. Dick M.A., Heinz T.J., Svoboda C.F., Aston M. Optimizing the Selection of Bridging Particles for Reservoir Drilling Fluids // SPE-58793-MS. 2000. 8 p.
6. Jones T., Vickers S., Cowie M., Tywnam A. A new methodology that surpasses current bridging theories to efficiently seal a varied pore throat distribution as found in natural reservoir formations //AADE-06-DF-HO-16. 2006. 8 p.
7. Ишбаев Г.Г., Дильмиев Р.Р., Христенко А.В., Милейко А.А. Теории подбора фракционного состава кольматанта // Бурение и нефть. 2011. №6. С. 16 – 18.
8. Amanullah M., Allen J.T. Extended Aramco Method – Its Techno-Economic Significance in Non-damaging Drill-in Fluid Design // SPE-166694-MS. 2013. 12 p.

Рис. 1. Вид главного диалогового окна программного продукта MarCS Engineer



MARCS ENGINEER SOFTWARE PREDICTING TIGHT PACKING OF LOST CIRCULATION MATERIALS FOR DRILLING FLUIDS

**MYASNIKOV YA., GADZHIEV S., «PetroEngineering» LLC, IONENKO A., «ISC
«PetroEngineering» LLC, EVDOKIMOV I., LOSEV A., «PetroEngineering» LLC,
KRONIN A., «ISC «PetroEngineering» LLC Gubkin Russian State University of Oil
and Gas**

New engineering software MarCS is described in the light of calculation schemes applied and functional options. The software helps to calculate tight packing of LCM in drilling fluids.

Keywords: tight packing of LCM, drilling fluid, lost circulation materials