

## **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.

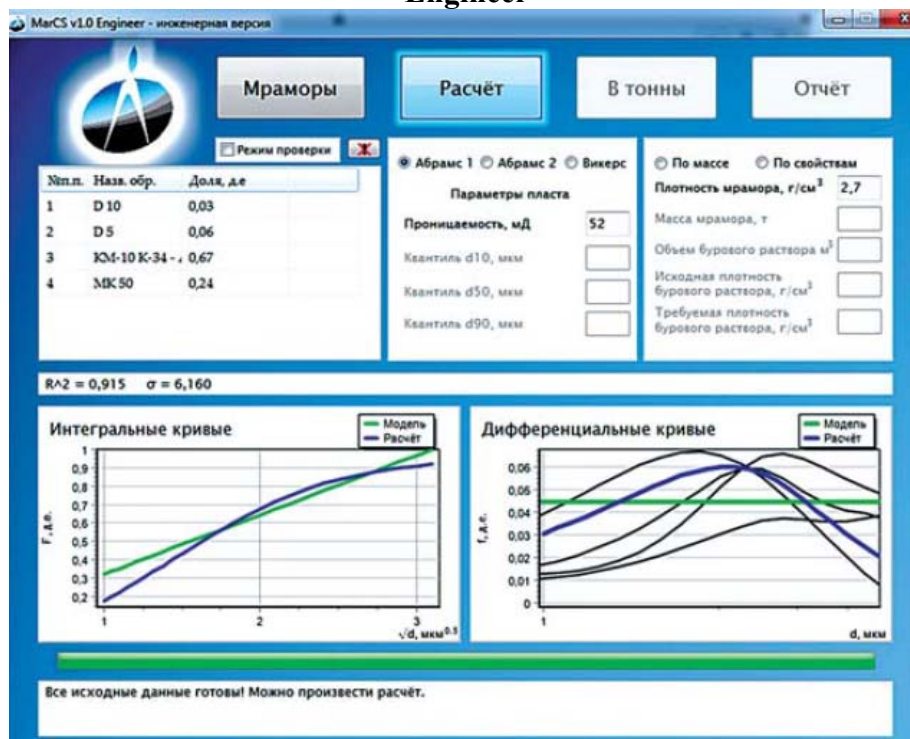
Следует отметить, что программа имеет режим проверки правильности подбора утяжелителей в уже приготовленном буровом растворе, что может оказаться удобным в оперативной обстановке для принятия решений о пригодности, обработке бурового раствора.

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