

Шарафиев Роберт Гарафиевич
профессор, доктор наук, УГНТУ, г.Уфа

Шафиков Ринат Рязяпович
старший преподаватель, УГНТУ, г. Уфа

Яппарова Юлия Ильгизовна
студент, УГНТУ, г.Уфа

Альмухаметов Азаль Азатович
студент, УГНТУ, г.Уфа

Шарафиев Родион Артурович
студент, УГНТУ, г.Уфа

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА БУРОВОГО РАСТВОРА

Аннотация: Приводится конструктивное описание и принцип работы перемешивающего устройства на винтообразной основе. Рассматривается экспериментальное влияние положения лопастей на мощность перемешивания в модельной установке. Приведены результаты применения системы конечно-элементного анализа Ansys Fluent для определения основных характеристик механического перемешивания.

Ключевые слова: мешалка, модель, перемешивание, ANSYS Fluent.

Перемешиватели буровых растворов играют важную роль в процессе бурения скважин. Они предназначены для обеспечения равномерного распределения добавок и химических реагентов в буровом растворе, а также для предотвращения его отстаивания и образования отложений.

Одной из основных технических характеристик перемешивателей является производительность, которая определяет количество бурового раствора, которое может быть перемешано за единицу времени. Производительность перемешивателя зависит от его конструкции, геометрии и размеров, а также от характеристик бурового раствора, таких как вязкость и концентрация добавок.

Основным параметром перемешивателей является мощность, которая определяет энергозатраты на перемешивание бурового раствора. Мощность перемешивателя зависит от его конструкции, типа привода, скорости вращения и геометрии лопастей. Высокая мощность может привести к повышенным энергозатратам и износу оборудования, поэтому оптимизация этого параметра является важной задачей.

Еще одним важным параметром является эффективность перемешивания, которая определяет степень равномерного распределения добавок и химических реагентов в буровом растворе. Эффективность перемешивания зависит от конструкции и геометрии перемешивателя, а также от скорости вращения и интенсивности перемешивания. Высокая эффективность перемешивания позволяет достичь более стабильных и предсказуемых результатов при бурении скважин.

Совершенствование и увеличение эффективности работы перемешивающих устройств буровых растворов неотъемлемая часть работы инженеров. На кафедре «Технология металлов в нефтегазовом машиностроении» УГНТУ разработано перемешивающее устройство новой конструкции, так называемая винтообразная мешалка, позволяющая изменять диаметр смещения и частоту вращения вала с учетом физико-химических свойств среды на всех стадиях технологического процесса.



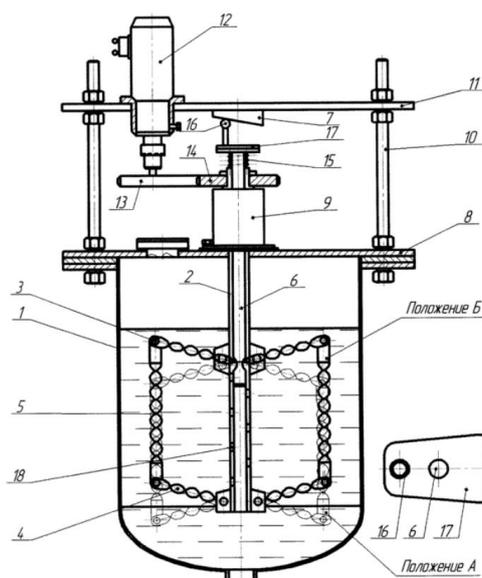


Рисунок 1 Устройство для перемешивания (винтообразная мешалка)

Все эксперименты по влиянию мощности перемешивания на геометрию и положение лопастей осуществлялись на модельной установке. При выполнении экспериментов по перемешиванию стремились к уточнению признаков обобщенных выше.

Аналитический расчет проводился согласно руководящему нормативному документу РД 26-01-90-85 «Механические перемешивающие устройства. Метод расчета» [3]. Расчет по данной методике применим только для установившегося режима перемешивания и не применим для устройств с нестандартной геометрией мешалок. В связи с этим возникла потребность создания численной модели перемешивающего устройства в программном комплексе ANSYS Fluent, позволяющей получить объёмные поля скоростей, моменты гидравлического сопротивления, приложенные к лопастям мешалки, для разных режимов перемешивания в разные моменты времени.

Моделирование течения через подвижный элемент первоначально было выполнено в стационарной постановке по методу Single Reference Frame, как для установившегося режима перемешивания. При таком способе течение через движущийся элемент рассчитывается в подвижной системе координат, перемещающейся со скоростью элемента. Этот метод применим только в том случае, когда вся расчетная область движется с одной скоростью. В качестве исходной жидкости перемешивания используется буровой раствор, число оборотов перемешивающего устройства подбирается таким образом, чтобы обеспечить ламинарный режим перемешивания. С помощью программного калькулятора, были определены поля скоростей и значения суммарного крутящего момента, приложенного к лопастям перемешивающего устройства.

Для корректного моделирования взаимодействия подвижных и неподвижных элементов и решения задачи в нестационарной постановке был применен метод вращения расчетной сетки Sliding Mesh. При использовании данного подхода происходит перемещение расчетной сетки выделенной области подвижного элемента относительно неподвижной. Разработана пошаговая методика постановки задачи [5].

Как видно по графику мощностей, затрачиваемых на перемешивание в период разгона перемешивающего устройства (рис. 1): результаты в установившемся режиме перемешивания хорошо согласуются с руководящим нормативным документом (табл. 1). Таким образом, применение системы конечно-элементного анализа ANSYS Fluent позволяет существенно расширить возможности моделирования процесса механического перемешивания.

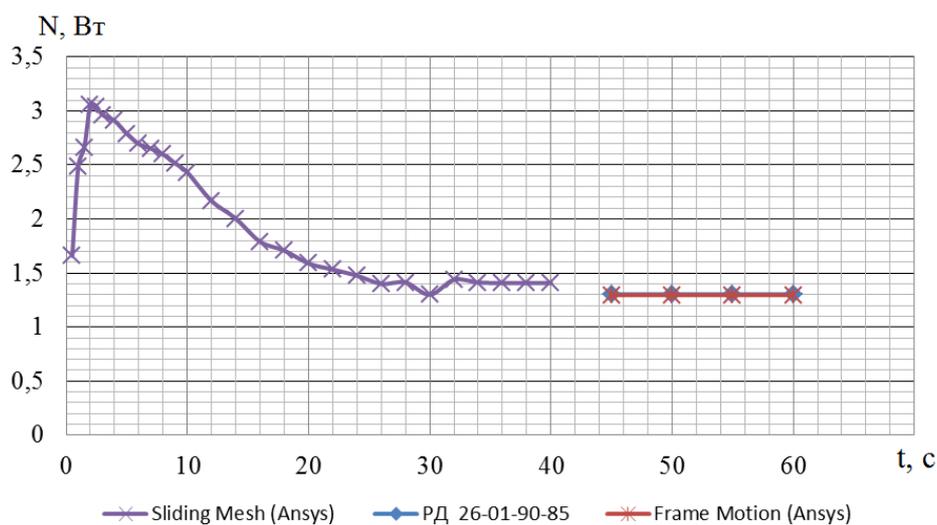


Рис. 1. График изменения мощности N по времени t

Таблица 1

Сравнение результатов расчета

Параметр	Вид расчета		
	РД 26-01-90-85	ANSYS (стационарная задача)	ANSYS (вращение сетки, нестационарная задача)
1. Суммарный крутящий момент, Н·м	0,2075	0,2064	0,223
2. Мощность на перемешивание, Вт	1,304	1,297	1,401
3. Коэффициент мощности	2,01	1,998	2,159
4. Относительная погрешность, %	–	0,5	7,46

Список литературы:

1. Мубинов, Д.М. Разработка и исследование аппарата с рамно-шарнирной мешалкой/ Д.М. Мубинов, Р.Г. Шарафиев, Н.А. Ахияров, Н.С. Талипов, Д.В. Лебедев, Э.Р. Галеев// Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса: науч.-техн. журн. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2017. –№1. – С. 20-23.
2. Шарафиев, Р.Г. Разработка и исследование эффективности перемешивания рамной мешалки на модельной установке / Р. Г. Шарафиев, Д. М. Мубинов, Д. Р. Махмутов, Э. Р. Галеев [и др.] // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2017. – № 4. – С. 22-23
3. Руководящий нормативный документ. Механические перемешивающие устройства. Метод расчета. РД 26-01-90-85. – Л.: РТП ЛенНИИхиммаша, 1985. – 257 с.
4. Устройство для перемешивания в жидкой среде. Патент РФ № 2807239, В01F 23/40 (2023.08); В01F 23/53 (2023.08); В01F 27/90 (2023.08); В01F 27/922 (2023.08); В01F 31/441 (2023.08); В01J 19/18 (2023.08), опубликовано 13.11.2023, Бюл. № 32. Авторы: Шарафиев Роберт Гарафиевич, Давлетов Олег Борисович, Альмухаметов Азат Ахатович, Альмухаметов Азаль Азатович, Шафиков Ринат Рязяпович, Шарафиев Родион Артурович.
5. CFD-моделирование в ANSYS-FLUENT. Процесс перемешивания жидкой среды с использованием подхода Sliding Mesh [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие к выполнению лабораторной работы для магистрантов направления 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» / УГНТУ, каф. ТНА; сост.: Р. Г. Ризванов, Р. Г. Шарафиев, Э. Р. Галеев. – Уфа: УГНТУ, 2018. – 1,58 Мб. – Режим доступа: <http://bibl.rusoil.net/>

