УДК 622.244.442

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫХОДА РАСТВОРА БЕНТОНИТОВОГО ГЛИНОПОРОШКА ПО ДЕЙСТВУЮЩИМ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ МЕТОДИКАМ

COMPARATIVE EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE YIELD OF BENTONITE CLAY POWDER SOLUTION ACCORDING TO CURRENT METHODS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Пальчикова Людмила Сергеевна
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией кафедры нефтегазового дела,
Кубанский государственный технологический университет
vvpalc@list.ru

Ченикова Наталья Алексеевна
доцент,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный технологический университет
chenikova@mail.ru

Григорян В.И.
студент кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна
forest_naight@mail.ru

Макаркина В.В.
студент кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна
makarkinva070203@mail.ru

Мелконьян А.А.
студент кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна
wonderoveryonder@mail.ru

Штабной К.О.
студент кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна
kostyashtabnoy@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются методики выхода раствора бентонитового глинопорошка предлагаемые существующими нормативными документами. Дается краткое описание структуры бентонита и его роли в создании технологических жидкостей на водной основе. Приводятся результаты сравнительного анализа двух методик оценки выхода растворов из бентонитовых глинопорошков, основанных на определении эффективной вязкости глинистых суспензий с помощью ротационного вискозиметра ВСН-3. Приводятся результаты испытаний показывающие, что оба метода позволяют однозначно определить марку глинопорошка, при этом стандарты для немодифицированных глинопорошков могут быть не применимы к модифицированным продуктам. В работе подчеркивается необходимость стандартизации методов испытаний для обеспечения точности оценки продукции и ее соответствия установленным стандартам. Ключевые слова: бентонит, буровой раствор, выход раствора, глинопорошок, стандартизация, эффективная вязкость.

Lyudmila Sergeevna Palchikova
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Laboratory of the Department
of Oil and Gas Engineering,
Kuban State Technological University
vvpalc@list.ru

Natalia Alekseevna Chenikova
Associate Professor,
Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher at the Department
of Oil and Gas Engineering
named after Professor G.T. Vartumyan,
Kuban State Technological University
chenikova@mail.ru

Grigoryan V.I.
Student of the Department
of Oil and Gas Engineering
named after Professor G.T. Vartumyan
forest_naight@mail.ru

Makarkina V.V.
Student of the Department
of Oil and Gas Engineering
named after Professor G.T. Vartumyan
makarkinva070203@mail.ru

Melkonyan A.A.
Student of the Department
of Oil and Gas Engineering
named after Professor G.T. Vartumyan
wonderoveryonder@mail.ru

Shtabnoy K.O.
Student of the Department of Oil
and Gas Engineering
named after Professor G.T. Vartumyan
kostyashtabnoy@mail.ru

Annotation. The article discusses the methods for the yield of bentonite clay powder solution proposed by existing regulatory documents. A brief description of the bentonite structure and its role in the creation of water-based process fluids is given. The results of a comparative analysis of two methods for estimating the yield of solution from bentonite clay powders based on determining the effective viscosity of clay suspensions using a rotary viscometer VSN-3 are presented. The test results are presented showing that both methods make it possible to uniquely determine the brand of clay powder, while the standards for unmodified clay powders may not be applicable to modified products. The paper emphasizes the need to standardize test methods to ensure the accuracy of product evaluation and its compliance with established standards.

Ключевые слова: бентонит, буровой раствор, выход раствора, глинистый порошок, стандартизация, эффективная вязкость.

Keywords bentonite, drilling mud, solution yield, clay powder, standardization, effective viscosity.

Бентонитовый порошок представляет собой продукт сушки и тонкого помола природной комовой глины. Он является основным структурообразователем большинства технологических жидкостей на водной основе.

Бентонит – это разновидность глины, содержащая порядка 70 % монтмориллонита, наиболее высококоллоидального минерала из класса алюмосиликатов, имеющего уникально малый размер частиц, примерно в 10 раз меньший, чем частицы других глин. Обычно эти частицы представляют в виде набора пластин с положительно заряженными поверхностями и отрицательно заряженными ребрами. Именно благодаря взаимодействию заряженных частиц в объеме глинистых суспензий формируются пространственные тиксотропные структуры, обладающие уникальными реологическими и структурно-механическими характеристиками, необходимыми для выполнения функций технологических жидкостей.

Главной характеристикой бентонитовых глинопорошков является показатель «выхода раствора» – объем глинистого раствора установленной вязкости, полученный из 1 т глинопорошка. Именно по этому параметру глинопорошки делят на различные марки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Марки модифицированных бентонитовых порошков

Норма для марок (по ТУ, СТО)				
Наименование показателя	ПБМА	ПБМБ	ПБМВ	ПБМГ
Выход раствора, $м^3/т$, не менее	20	16	12	8

Первые буквы ПБМ означают «порошок бентонитовый модифицированный». Модификацию обычно проводят кальцинированной содой и полимерами для повышения качества глинопорошка. Последняя буква обозначает марку глинопорошка.

Проблема заключается в том, что понятие «установленная вязкость» на каждом предприятии понимают по-своему, так как выпуск продукта и его испытания происходят по собственным техническим условиям (ТУ). Единого стандарта для оценки качества глинопорошков на данный момент не существует, поэтому сравнивать глинопорошки, выпущенные по разным ТУ без проведения дополнительных испытаний практически невозможно. По одним ТУ для определения выхода раствора предлагается использовать показатель условной вязкости, измеряемый с помощью воронки ВП-5, по другим – величину эффективной вязкости, определяемой с помощью ротационного вискозиметра. Порядок приготовления суспензий для проведения испытаний также может быть разным.

Чтобы понять, насколько взаимозаменяемы близкие по исполнению и наиболее востребованные стандарты, мы определили выход образца глинопорошка по следующим методикам:

– ТУ 2164-002-00136716-2001 завода «Утяжелитель» (пос. Ильский) – основного производителя глинопорошков в крае;

– СТО 2-3.2-013-2005 – разработанного для проведения входного контроля глинопорошков в ОАО «Газпром».

В качестве образца использовался глинопорошок марки ПБМВ производства ООО «Бенталюкс» (г. Альметьевск).

Методы измерений выхода глинистого раствора по данным методикам основаны на измерении эффективной вязкости глинистых суспензий известной концентрации. В качестве установленной вязкости в указанных стандартах принята эффективная вязкость измеренная с помощью ротационного вискозиметра ВСН-3 и равная 20 $мПа \cdot с$.

Порядок проведения испытаний следующий. Для приготовления суспензий используют миксер типа «Воронеж» с частотой вращения вала мешалки 10000 – 12000 об/мин. В три стакана смесительной установки заливают по 400 $см^3$ дистиллированной воды и добавляют рекомендуемые ориентировочные навески глинопорошка.

При работе с образцом порошка марки ПБМВ рекомендуемые ориентировочные навески (с учетом влажности) составляют 25, 34 и 52 г. Далее суспензии в течение 20 мин. перемешивают с помощью миксера и выдерживают определенное время при комнатной температуре.

Разница между данными методиками заключается в следующем. Согласно ТУ для приготовления суспензии используют воду с температурой $70 \pm 5°C$, выдержка составляет 2 часа. В СТО рекомендуется использовать воду комнатной температуры, при этом время выдержки суспензии увеличивают до 16–20 ч. После выдержки, суспензии вновь перемешивают соответственно по 5 и 15 мин, заливают в вискозиметр ВСН-3 и считывают угол закручивания на шкале прибора при 600 об/мин.

По результатам измерений угла закручивания рассчитывают эффективную вязкость для каждой навески:

$$\eta_{эф} = \frac{A \cdot \varphi_1}{600}, \quad (1)$$

где A – константа вискозиметра ВСН-3, мПа об/мин/градус (для пружины № 1 А принимают равной $A = 150 \pm 3$); φ_1 – угол закручивания при 600 об/мин, градус.

Далее строят график в координатах «$\lg \eta_{эф}$ – величина навески» (рис. 1), определяют величину навески соответствующую $\lg \eta_{эф} = 1{,}3$ (т.е $\eta_{эф} = 20$ мПа · с) и по таблицам в приложениях к ТУ и СТО определяют выход раствора.

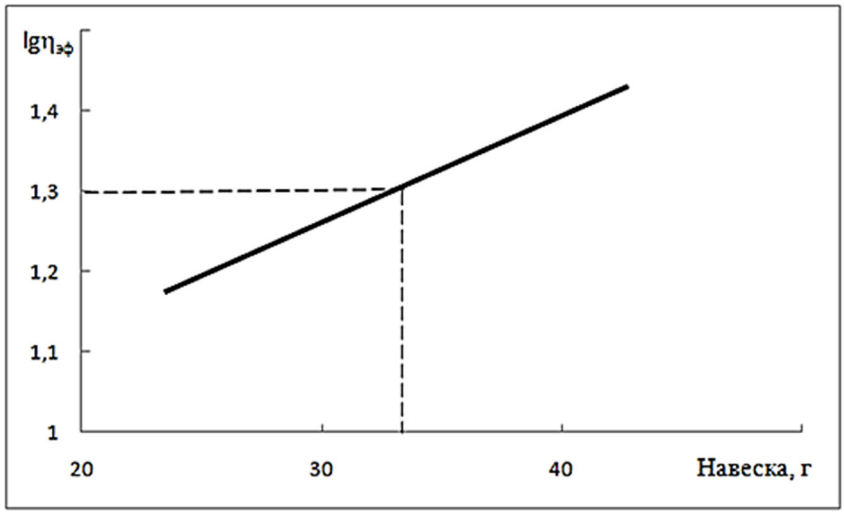

Рисунок 1 – График зависимости $\lg \eta_{эф}$ от величина навески

Полученные нами результаты представлены на рисунке 2. Следует отметить, что ориентировочная навеска 52 г оказалась чрезмерно завышенной, т.к. угол закручивания прибора превысил 160 градусов. Поэтому нами были взяты навески 25, 34 и 40 г. Такие изменения рекомендуют проводить в обоих стандартах.

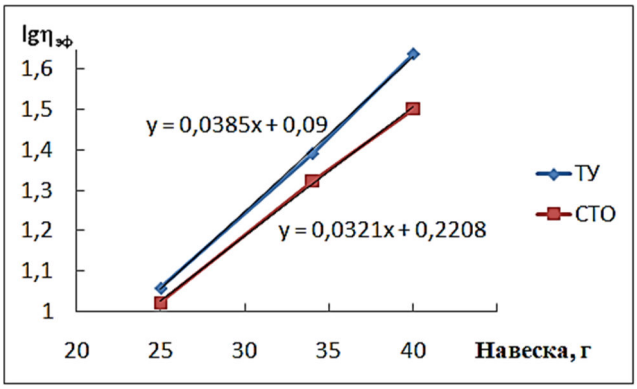

Рисунок 2 – Экспериментальный график «$\lg \eta_{эф}$ – величина навески»

Воспользовавшись Excel, мы получили уравнения зависимостей $\lg \eta_{эф}$ от величины навески, по которым легко рассчитали навески глинопорошка, необходимые для получения суспензии вязкостью $\eta_{эф} = 20$ мПа · с:

$$(\text{ТУ}): x = \frac{1{,}3 - 0{,}09}{0{,}0385} = 31{,}43 \text{ г}, \quad (2)$$

$$(\text{СТО}): x = \frac{1{,}3 - 0{,}2208}{0{,}0321} = 33{,}62 \text{ г}. \quad (3)$$

По приложению к ТУ и СТО нашли соответствующий выход раствора, который составил 13,1 и 12,2 $м^3/т$ соответственно, то есть результаты испытаний подтвердили принадлежность образца марке ПБМВ.

Описанный в СТО порядок проведения испытаний полностью повторяет методику, изложенную в ГОСТ 25796.1-83, разработанном для оценки глинистого сырья, т.е. для немодифицированных глинопорошков. Несмотря на то что в ГОСТ установленной вязкостью также является $\eta_{эф}$ = 20 мПа.с, что соответствует углу закручивания 80 град (при 600 об/мин), обработка результатов представлена иначе.

Выход раствора предлагают определять по таблице 2.

Таблица 2 – Определение выхода раствора глинопорошка по ГОСТ

Показания ротационного вискозиметра	Масса навески глины, г					Выход раствора, $м^3/т$
	20	25	34	52	86	
Угол закручивания по шкале, °	≥80	>80	>80	>80	>80	Св. 20
	<80	≥80	>80	>80	>80	От 16,0 до 19,5
	<80	<80	≥80	>80	>80	" 12,0 " 15,5
	<80	<80	<80	≥80	>80	" 8,0 " 11,5
	<80	<80	<80	<80	≥80	" 5,0 " 7,5
	<80	<80	<80	<80	<80	До 4,5

Согласно данной таблице выход раствора из испытуемого нами глинопорошка должен составить от 16 до 19,5 $м^3/т$, что соответствует марке ПБМБ, но не соответствует действительности.

На основании проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на существенные различия в условиях проведения испытаний, результаты, полученные и обработанные по методикам, представленным в ТУ и СТО, позволяют однозначно определить марку глинопорошка – ПБМВ.

Стандарты для испытаний немодифицированных глинопорошков могут быть неприменимы для порошков марок ПБМ.

2. На наш взгляд более предпочтительна методика, предложенная в ТУ, поскольку за счет повышения температуры воды, результат испытаний может быть получен значительно быстрее (за 2,5 – 3 часа вместо 20 ч).

3. Разработка единого стандарта на глинопорошки для технологических жидкостей, применяемых при строительстве нефтяных и газовых скважин, позволит не только легко ориентироваться в многообразии выпускаемой продукции, но и исключить производство и применение некачественных глинопорошков.