



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2019/0233.1

(22) 03.04.2019

(45) 13.08.2021, бюл. №32

(72) Билецкий Мариан Теодорович; Ратов Боранбай Товбасарович; Деликешева Динара Насипуловна

(73) Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

(56) Тема 4: «Функциональные свойства буровых растворов и методы их определения». 02.12.2009. http://www.tyuiu.ru/media/files/2009/12_02/file.2008-10-14.doc

Раздел 7 Промывочные жидкости для строительства скважин. (Составители: Зозуля Г.П., Паршукова Л.А.) 03.12.2009. http://www.tyuiu.ru/media/files/2009/12_03/file.2006-10-000.doc

Все о строительстве скважин. Буровые промывочные жидкости. 06.08.2011. <http://oilloom.ru/78-tekhnika-i-tehnologii-stroitelstva-skvazhin/167-burovye-promyvochnye-zhidkosti>

Вискозиметр, 26.11.2014. <https://fann.ru/products/viskozimetr-ruchnoj-280/>

Пластическая вязкость. Все о бурении. 16.08.2013. <http://vseoburenii.com/plasticheskaya-vyazkost/>

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЯЗКОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

(57) Изобретение относится к области горного дела, в частности, к добыче полезных ископаемых и геологоразведочным работам.

Значительное упрощение процедуры измерения параметров вязкости буровых растворов, обеспечение возможности проводить измерения непосредственно на буровых установках, осуществляется путем проведения замера времени истечения заданного объема раствора из мерной воронки, с последующим замером объема раствора, истекающего за половину этого времени. Полученные значения в дальнейшем используются для вычисления средней скорости истечения мерного объема и средней по времени высоты истечения, на основе которых составляются уравнения обратной линейной зависимости одного из искомым параметров (например, пластической вязкости) от второго (динамическое напряжение сдвига - ДНС). Придав ДНС нулевое значение, по упомянутому уравнению получают максимальное значение пластической вязкости. Поделив его пополам, получают его наиболее вероятное среднее значение. Подставив это последнее в уравнение зависимости, получают соответствующее наиболее вероятное среднее значение ДНС.

Данный способ предельно упрощает и удешевляет измерение пластической вязкости и ДНС буровых растворов, он пригоден для самого широкого применения на буровых установках.

Изобретение относится к области добычи полезных ископаемых, и, в частности, к бурению скважин, а именно к буровым растворам. Одним из важнейших параметров бурового раствора является его вязкость. Поскольку буровые растворы в большинстве случаев представляют собой так называемые неньютоновские жидкости, то их вязкость характеризуется сочетанием двух параметров: пластической вязкости ПВ и динамического напряжения сдвига ДНС. Измерение вязкости производят обычно ротационными вискозиметрами типа FANN35 или ВСН-3. Параметры вязкости в них определяются путем замера момента, возникающего при передаче вращения от одного вращающегося с заданной частотой цилиндра на другой через слою исследуемой вязкой жидкости. Поскольку определяются два параметра вязкости - ПВ и ДНС, то замеры производятся по крайней мере дважды при разных частотах вращения с последующим решением на основе результатов замеров системы из двух линейных уравнений. Данный способ отличается сложностью применяемой аппаратуры и ее высокой стоимостью (прибор FANN35 стоит порядка 300 000 тенге). Он малоприменим для работы в полевых условиях.

Известен и получил широкое распространение на буровых работах, в виду крайней простоты и низкой себестоимости как самого устройства, так и процедуры взятия замера, способ измерения "условной вязкости" (название, принятое в странах бывшего СССР) с помощью мерной воронки с насадкой, имеющей калиброванный проходной диаметр [Л.М.Ивачев: Промывка и тампонирующие геологоразведочных скважин М: Недра 1989 с.23]. Условная вязкость жидкости (за рубежом она именуется "funnel viscosity" т. е. "вороночная" вязкость) характеризуется временем вытекания из воронки известной - установленной стандартами - части заполняющего ее объема.

Недостаток данного способа - в том, что условную вязкость можно применять только для сравнительной оценки густоты различных растворов. Эту характеристику нельзя использовать в гидравлических расчетах, например, в расчетах потерь давления на различных участках циркуляционной системы буровой установки. Для этого необходима информация об истинной вязкости как сочетания пластической вязкости раствора ПВ и его динамическом напряжении сдвига (ДНС).

Технической задачей изобретения является способ использования мерной воронки с целью оперативного определения ПВ и ДНС бурового раствора.

Технический результат: Предлагаемый способ многократно упрощает и удешевляет измерение ПВ и ДНС буровых растворов; он пригоден для самого широкого применения на буровых установках.

Способ осуществляется путем проведения замера времени истечения некоего известного объема раствора из мерной воронки, с последующим замером объема раствора, истекающего за половину

этого времени. Кроме того, стандартными широко применяемыми на буровых работах измерителями плотности измеряется так же и этот параметр. Полученные значения в дальнейшем используются для вычисления средних по времени скорости истечения мерного объема и высоты истечения, на основе которых составляются уравнение обратной линейной зависимости одного из искомым параметров (например, ПВ) от второго (ДНС). Придав ДНС нулевое значение, по упомянутому уравнению получают максимально возможное значение пластической вязкости. Поделив его пополам - получают его наиболее вероятное среднее значение. Подставив это последнее в уравнение зависимости, получают соответствующее наиболее вероятное среднее значение ДНС.

На фиг.1 показан используемый инструмент: воронка 1, насадка 2, мензурка 3 с делениями объема 4, d - диаметр калиброванного проходного сечения насадки, β - угол конусности воронки; V_M - мерный объем раствора; L - длина насадки; H_{MT} - средняя по времени высота истечения; H_K - часть средней по времени высоты истечения, приходящаяся на конус воронки.

После получения результатов замера воронкой времени истечения заданного мерного объема V_M раствора и его объема V_{MT} , истекающего за половину этого времени, а также результата замера плотности выполняется следующая последовательность расчетов:

Средняя скорость движения жидкости по насадке при истечении мерного объема:

$$v = \frac{4V_M}{\pi d^2 T} \quad (1)$$

где d - диаметр проходного сечения канала насадки 2 (фиг.1), T - полученное при опыте время истечения мерного объема

Средняя по времени высота вытекания мерного объема:

$$H_{MT} = H_K + L - d/(2tg\beta) \quad (2)$$

где β - угол конусности воронки 1; L - длина насадки 2; H_K составляющая высоты H_{MT} , приходящаяся на конус воронки:

$$H_K = \sqrt[3]{\frac{3(V-V_{MT})}{\pi(tg\beta)^2}} \quad (3)$$

где V - полный объем жидкости в воронке, V_{MT} - объем раствора, вытекший за половину полного времени замера - $0.5T$. Этот объем определяется экспериментально.

В соответствии с законами гидравлики [Мительман Б.И. Справочник по гидравлическим расчетам в бурении. М.:Гостоптехиздат, 1963] при измерении вязкости воронкой среднее по времени измерения гидростатическое давление жидкости в воронке:

$$\rho g H_{MT} = \lambda \rho L \frac{v^2}{2d} + \rho \frac{v^2}{2\alpha^2}, \quad (4)$$

где ρ - плотность жидкости (обычно она известна по периодическим замерам, проводимым согласно технологическому регламенту процесса бурения) g - ускорение свободного падения; λ - средний по времени истечения коэффициент гидравлических сопротивлений при движении раствора по насадке; a - коэффициент сжатия потока.

Уравнение (4) демонстрирует тот факт, что при истечении жидкости из мерной воронки гидростатическое давление (левая часть уравнения) расходуется на две составляющие: потеря давления на трение при движении жидкости по насадке (первое слагаемое в правой части уравнения) и потери давления на сжатие жидкости при ее движении вниз по воронке (второе слагаемое). Потеря давления на трение жидкости при движении по самой воронке пренебрежимо мала, по сравнению с потерями в насадке.

Коэффициент сжатия потока a при плавном переходе к насадке (что имеет место в воронке рассматриваемого устройства) находится в пределах от 0.95 до 0.99. Точное значение коэффициента сжатия потока определяется по результатам калибровки воронки. Калибровку осуществляют при работе на воде, истинная вязкость которой известна - 0.0001 Па*с, а ДНС = 0.

Уравнение (4), решается относительно коэффициента гидравлических сопротивлений:

$$\lambda = \frac{(gH_{MT} - (\vartheta^2 / (2a^2)))2d}{L\vartheta^2} \quad (5)$$

Критерий Рейнольдса для неньютоновских (обладающих ДНС) жидкостей

$$Re = \frac{\rho\vartheta d}{(\eta + \tau \frac{d}{6\vartheta})} \quad (6)$$

где η и τ - коэффициент пластической вязкости и динамическое напряжение сдвига соответственно.

С другой стороны, критерий Рейнольдса можно рассчитать по найденному выше коэффициенту гидравлических сопротивлений λ . В частности, при ламинарном режиме движения, который всегда имеет место при истечении из мерной воронки неньютоновских жидкостей (буровых растворов) равен:

$$Re = 64/\lambda \quad (7)$$

Исходя из формул (6) и (7) получаем искомое уравнение взаимозависимости двух параметров вязкости бурового раствора:

$$\eta + \tau \frac{d}{6\vartheta} = \frac{\lambda\rho\vartheta d}{64} \quad (8)$$

Из анализа уравнения очевидно, что в условиях данного конкретного замера времени истечения раствора из воронки вязкость бурового раствора характеризуется семейством сочетаний η и τ , причем, когда один из этих параметров возрастает

от 0 до максимума, второй соответственно уменьшается от максимума до нуля. Так, при $\tau = 0$ имеем

$$\eta_{MAX} = \frac{\lambda\rho\vartheta d}{64} \quad (9)$$

За наиболее вероятное среднее значение принимаем:

$$\eta_{MED} = 0.5\eta_{MAX} \quad (10)$$

На основе формулы (8) получаем соответствующее наиболее вероятное среднее значение ДНС:

$$\tau_{MED} = \left(\frac{\lambda\rho\vartheta d}{64} - \eta_{MED} \right) \frac{6\vartheta}{d} \quad (11)$$

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ измерения параметров вязкости буровых растворов – их пластической вязкости и динамического напряжения сдвига, основанный на использовании мерной воронки, отличающийся тем, что замеряют плотность раствора, время истечения из воронки некоторого заданного объема раствора и объем раствора, вытекающего за половину этого времени, с последующим составлением на основе результатов замеров уравнения взаимозависимости динамического напряжения сдвига и пластической вязкости, позволяющего вычислить наиболее вероятные значения этих параметров, вычисления производят согласно последовательности формул:

$$\vartheta = \frac{4V_M}{\pi d^2 T}$$

ϑ - скорость движения раствора по насадке
 V_M - сливаемая часть полного объема воронки - мерный объем

d - внутренний диаметр насадки

T - время истечения мерного объема

$$H_{MT} = \sqrt[3]{\frac{3(V - V_{MT})}{\pi(tg\beta)^2} + L - d/(2tg\beta)}$$

H_{MT} - средняя по времени высота истечения мерного объема

V - полный объем жидкости в воронке

V_{MT} - сливаемый объем, соответствующий половине времени истечения мерного объема раствора

L - длина насадки

β - угол конусности воронки

$$\lambda = \frac{(gH_{MT} - (\vartheta^2 / (2a^2)))2d}{L\vartheta^2}$$

λ - коэффициент гидравлических сопротивлений при движении жидкости по насадке,
 g - ускорение свободного падения
 a - коэффициент сжатия потока

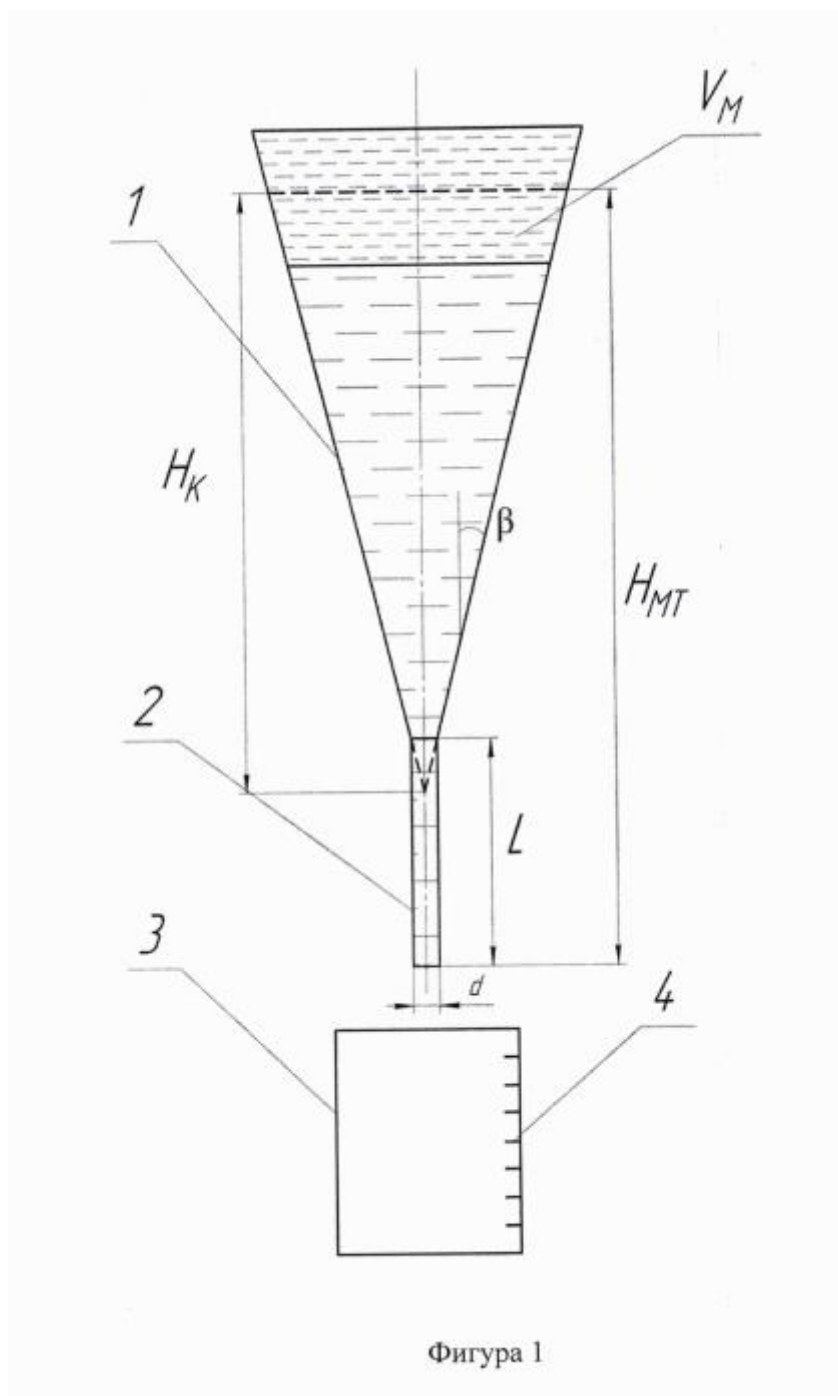
ρ - плотность жидкости

$$\tau_{MED} = \left(\frac{\lambda \rho \vartheta d}{64} - \eta_{MED} \right) \frac{6\vartheta}{d}$$

$$\eta_{MED} = \frac{\lambda \rho \vartheta d}{128}$$

T_{MED} - наиболее вероятное среднее значение динамического напряжения сдвига.

η_{MED} - наиболее вероятное среднее значение пластической вязкости раствора



Верстка Ф. Сопакова
 Корректор Г. Косанова