

регистрировать сразу несколько характеристик: значения расхода жидкости и набор ее реологических характеристик, информация о которых, проходя через вычислительный блок выводится на табло. Расход измеряется посредством использования расчетных формул объединяющих геометрические характеристики сужающего устройства, перепад давления и плотность прокачиваемой жидкости. Сама система является сугубо поверхностной и не может быть использована в забойных условиях (устанавливается в линию высокого давления буровой установки). Не смотря на это, принцип измерения расхода жидкости по величине перепада давления в сужающемся сосуде реализуем в забойных условиях. При этом необходимо учесть такие недостатки, как необходимость продумывания передачи информации о расходе на поверхность и наличие высоких гидравлических сопротивлений в интервале установки прибора.[7].

Анализ уровня техники в области измерения расхода в забойных условиях, а также методик расчета расхода для обеспечения качественной очистки забоя и выноса шлама, позволяющего достигнуть максимальной механической скорости бурения, позволил сделать следующие выводы:

- используемая методика расчета учитывает технико-технологические и геологические условия бурения, но зачастую после проведения расчета возникает ситуация, когда области допустимых значений расхода отсутствуют, хотя конкретных рекомендаций по работе в таком случае нет;

- зачастую при выборе значений расхода для сооружения проектируемой скважины руководствуются нарастающими значениями методики, а опытом пробуренных на данном кусте, месторождении, участке скважин, не смотря на то, что конструкции, профили и условия сооружения скважин в рамках одной площади могут кардинально различаться;

- большинство забойных датчиков для измерения расхода промывочной жидкости имеют принцип действия, основанный на переводе энергии потока в механическую энергию колебательного процесса и движения рабочего элемента (турбинка, крыльчатка), которые воздействуют на измерительную систему (чаще электрического типа) и переводят сигнал, пропорциональный расходу жидкости в сигнал;

- ключевой проблемой для датчиков регистрации расхода промывочной жидкости на забое скважины является способ передачи информации на поверхность, который согласно анализу делится на 4 способа: автономную запись с последующей расшифровкой на поверхности, использование гидравлического, электрического или проводного каналов связи «забой-устье»;

- важно отметить, что любой забойный датчик, устанавливаемый в компоновку низа буровой колонны или внутри буровых труб зачастую создает высокие гидравлические сопротивления, приводящие к нарушению единства потока жидкости и снижает эффективность используемого расхода промывочной жидкости, полученного согласно методике для заданных условий;

- требуется проведение научно-исследовательских и конструкторских работ, направленных на разработку датчика не нарушающего целостность потока промывочной жидкости, позволяющего проводить регистрацию и контроль величины расхода на различных глубинах в меняющихся горно-геологических и технико-технологических условиях бурения.

#### Литература

1. Патент SU 450884 29.04.75E21B47/10 Глубинный регистратор расхода промывочной жидкости Уфимский нефтяной институт;
2. Патент SU 798283 23.01.81 E21B47/10 Устройство для измерения расхода промывочной жидкости Казахский институт им. В.И. Ленина;
3. Патент RU 204990710.12.1995 E21B21/08 Забойный регулятор расхода промывочной жидкости Лаптев С.В., Грабаренко Ю.И. и Голубицкий В.А.;
4. Патент RU 248530920.06.2013E21B47/022 Глубинный датчик расхода бурового раствора Есауленко В.Н. и Шевченко М.А.
5. Патент RU 201865130.08.1994 E21B47/10 Датчик скважинного расходомера Калашников В.Н. и Бобров В.А
6. Патент RU 177630619.11.90 E21B47/10 Способ определения расхода промывочной жидкости на выходе из скважины Самарский политехнический институт
7. Патент RU 228511910.10.2006E21B44 Система измерения расхода и свойств бурового и цементного раствора Лукьянов Э.Е., Каюров К.Н. и Еремин В.Н.

### БУРЕНИЕ С ДИНАМИЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ

А.Л. Пустовалов

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Процесс бурения с динамичным управлением давления – современная технология предусматривает использование замкнутой системы подачи раствора, которая улучшает точность управления распределением давления в скважине по сравнению с простым изменением плотности и подачи раствора. Бурение с контролем давления и с отрицательным перепадом давления относится к технологиям динамичного управления давлением. Основная задача таких технологий - оптимизация процесса бурения за счет сокращения потерь времени и ослабления влияния опасных факторов в процессе строительства скважины.

Основная цель динамичного управления давлением состоит в уходе от проблем, связанных с бурением, и сокращения соответствующих потерь времени. При этом ключевым тактическим подходом является исключение использования увеличения плотности бурового раствора для устранения проблем с бурением.

Динамичное управление давлением может сократить расходы на бурение и уменьшить неопределенность при бурении за счет использования следующих факторов:

исключение потерь времени, характерных для обычного бурения (потеря циркуляции, борьба с ГНВП, нежелательные области с газом и прихват бурильной колонны за счет перепада давления в стволе скважины);

увеличение скорости проходки и срока службы долота (т.е. снижение числа спускоподъемных операций);

возможность работы там, где ранее бурение считалось невозможным;

в некоторых обстоятельствах сокращение числа труб обсадной колонны;

снижение угрозы для людей и окружающей среды. [1]

Для успешного применения технологии динамичного управления давлением необходимо как можно точнее поддерживать постоянными забойное давление на определенной глубине работы долота и, соответственно, распределение (градиент) давления в затрубном пространстве.

Такая технология требует использования набора инструментов и методик, рассчитанных на снижение рисков и затрат при бурении скважин, вызванных изменением давления в скважине, за счет упреждающего управления распределением давления в затрубном пространстве. Для этого могут использоваться такие подходы, как управление противодавлением, плотностью и текучестью раствора, уровнем жидкости в затрубном зазоре, трением при циркуляции, геометрией скважины, как по отдельности, так и в любом сочетании. Технология динамичного управления давлением может также позволять быстрее устранять выявленные колебания давления. Возможность быстрого управления давлением в затрубном пространстве упрощает бурение там, где в ином случае (при использовании обычных технологий) оно было бы экономически неоправданно. Эта технология может использоваться для исключения перетока пластового флюида. При этом, как правило, обеспечивается безопасное удержание жидкости, используемой при работе.

Проблемы, возникающие из-за изменения давления в скважине во время бурения, приводят к большим потерям времени при строительстве скважины. В их число входят потеря циркуляции, ГНВП, увеличение поперечного сечения ствола скважины, бурение при жестком ограничении порового давления/давления гидравлического разрыва пласта, использование обсадных колонн с малыми допусками, проблемы устойчивости ствола скважины, вызванные колебаниями и/или циклическим изменением внешнего давления, поданного в скважину, перетекание воды и газа в пластах неглубокого залегания под уровнем бурового раствора, низкая скорость проходки из-за высокого внешнего статического давления жидкости, а также излишне высокая эквивалентная плотность циркуляции бурового раствора и пр. Многочисленные статистические исследования на основании данных, полученных операторами во время бурения, как правило, показывают устойчивую связь между такими проблемами и общими потерями времени. Как правило, с проблемами, возникающими в стволе скважины, связано от 30 до 50% общих потерь времени при строительстве типовой скважины. С учетом современной себестоимости строительства скважин в денежном исчислении для всей отрасли это измеряется суммами в миллиарды долларов. Здесь применение динамичного управления давлением может дать серьезные результаты. [3]

Технология бурения с динамичным управлением давления является важной составляющей успеха работ по бурению с контролем давления и с отрицательным перепадом давления. Глубокое понимание изменений, происходящих в стволе определенной скважины, необходимо для разработки соответствующего решения по управлению давлением в такой скважине.

При бурении с динамичным управлением давления используется специализированное оборудование:

Вращающееся устройство контроля давления (RCD)

Вращающееся устройство контроля давления (RCD) образует надежное уплотнение на бурильной трубе или ведущей трубе для безопасного отклонения потока из затрубного пространства в сторону от пола буровой вышки. Устройство RCD дополняет традиционный комплект противовыбросовых преенторов буровой установки.

Стояк низкого давления (подроторная воронка)

Подроторная воронка заводится в корпус устройства RCD и крепится хомутом вручную. Гладкая труба с внешним диаметром 609,6 мм соединяется с подроторной воронкой буровой установки, что позволит обеспечить обычную схему циркуляции с отводом потока на приемную емкость выбросит буровой установки. Кроме того, может быть протянута линия к выкидной линии буровой установки от второго отвода устройства RCD. Это также упростит сборку обычной системы циркуляции.

Поддон Envirotraq для устройства RCD (система Katchkan)

Поддон Envirotraq устанавливается между верхним фланцем преентора и нижним фланцем устройства RCD, создавая герметичное соединение без ущерба для других уплотнений фланцев. Он закрывается мягкой шторкой (наилучший вариант, обеспечивающий легкий доступ), чтобы улавливать все утечки жидкостей. Сливное отверстие соединяется с уловительной емкостью для хранения пролившихся жидкостей объема мягким шлангом. Поверхность поддона нескользящая, что позволяет ему служить рабочей площадкой для персонала, обслуживающего устройство.

Автоматический дроссельный манифольд системы бурения на равновесии

Автоматический дроссельный манифольд системы бурения на равновесии (MPD) является основным средством контроля скорости обратного потока и устьевого давления. Дроссель автоматически управляется

программируемым логическим контроллером с открытием или закрытием проходного отверстия дросселя с помощью гидравлики.

Интегрированная панель управления дросселем и программируемым логическим контроллером

Эта панель обеспечивает гидравлическое и пневматическое управление работой двигателей положения дросселя. Часть панели, отвечающая за управление дросселями, обеспечивает автоматическое управление дросселями для поддержания необходимого давления на устье и эквивалентной плотности циркуляции для эффективного ведения буровых работ на равновесии. Установленный здесь же программируемый логический контроллер обеспечивает логику, необходимую для выбора дросселя и его положения и для для компенсации объема циркуляции с помощью насоса доливной емкости. Принудительное местное ручное управление позволяет перейти в режим обслуживания или аварийного управления в случае отсутствия электропитания. Часть панели, отвечающая за остановку технологического процесса, служит для передачи сигнала активации аварийной звуковой сигнализации используя логику, отдельную от управления дросселями.

Помещение управления сбором данных

Система регулировки расхода бурового насоса (отклонитель)

Насос противодействия для системы бурения на равновесии

Насос противодействия для системы бурения на равновесии является вторичным средством закачки жидкости в блок превенторов. Он помогает поддерживать постоянное давление во время отсутствия обратного потока из скважины и обеспечивает работу дросселя в пределах его оптимального диапазона регулировки. Заменяя обратный поток, насос противодействия исключает необходимость в полном закрытии дросселя и предотвращает скачки забойного давления во время наращивания колонны. [2]

Процесс разработки начинается со сбора данных по скважинам, находящимся рядом с будущей скважиной. Очень важными являются сведения о распределении порового давления и градиента давления гидравлического разрыва пласта, а также температуры. Не менее важно знать размеры скважин, конструкцию оборудования нижней части скважины, бурильной колонны и обсадной колонны, программу подачи раствора при бурении и особенности конструкции буровой вышки. Дополнительные данные, полученные на соседних скважинах, особенно о событиях, происходивших во время бурения.

Ряд важных технических преимуществ технологии динамичного управления давлением для планируемой скважины может быть определен по приведенной ниже таблице. [3]

Таблица 1

**Преимущества технологии динамичного управления давлением**

Возможности и преимущества технологии динамичного управления давлением	Проблемы, устранимые при использовании динамичного управления давлением	Риски при бурении, снижаемые за счет использования динамичного управления давлением
Использование бурового раствора меньшей плотности	Снижение потерь за счет бурения при давлении в скважине, которое меньше давления гидравлического разрыва. Более высокий расход при циркуляции, что улучшает очистку скважины. Устранение увеличения поперечного сечения ствола скважины. Минимальное использование экранирующего наполнителя. Часто глубина установки обсадной колонны может быть увеличена, и (или) исчезнет необходимость в обсадных трубах.	Потери Увеличение поперечного сечения ствола скважины Очистка скважины
Давление в скважине поддерживается почти постоянным	Снижение остроты проблемы устойчивости скважины за счет поддержания постоянного давления при выключении насосов при более высоких требованиях к плотности раствора при минимизации разрыва пласта из-за циклического изменения давления. Обеспечивает более широкий диапазон максимального порового давления во всех ситуациях (при включенных или выключенных насосах) для снижения вероятности притока флюида. Минимизация увеличения поперечного сечения ствола и объема газа, попадающего из пласта при наращивании бурильной колонны.	Потеря устойчивости Увеличение поперечного сечения ствола скважины Попадание газа из пласта при наращивании бурильной колонны Приток флюида
Точное измерение расхода раствора на выходе из скважины	Позволяет бурить участки скважины с менее жесткими требованиями к ГНВП. Минимизация объема возможного притока флюида. Точное определение небольших потерь на инфильтрацию на дне скважины.	Выявление отклонений от нормы для притока флюида Выявление отклонений от нормы для потерь
Быстрая регулировка затрубного давления	Увеличение затрубного давления при циркуляции или наращивании колонны в качестве реакции на увеличение поступления фонового газа и (или) признаков потери устойчивости или повышенного давления до фактического увеличения плотности бурового раствора. Возможность быстрой остановки притока путем увеличения давления в скважине за счет роста затрубного давления при циркуляции.	Потеря устойчивости Приток флюида Слишком большое время циркуляции

Возможности и преимущества технологии динамичного управления давлением	Проблемы, устранимые при использовании динамичного управления давлением	Риски при бурении, снижаемые за счет использования динамичного управления давлением
Проверки расхода при автоматическом управлении затрубным давлением	При выключенных насосах можно уменьшить затрубное давление, следя за расходом раствора на выходе из скважины и определяя объемные показатели, для определения состояния отрицательного перепада давления с минимальным притоком. Может также использоваться для определения теплового расширения и (или) увеличения поперечного сечения ствола скважин, работающих при высоком уровне температуры и давления.	Приток флюида Проблемы, связанные с высоким уровнем температуры и давления
Точные проверки герметичности необсаженных стволов скважины	При неопределенности значения давления гидравлического разрыва можно провести динамическую проверку герметичности (или целостности пласта) путем пошагового увеличения затрубного давления во время циркуляции с контролем расхода раствора на выходе из скважины, особенно перед планируемым увеличением плотности бурового раствора, что может привести к потерям.	Потери из-за увеличения плотности бурового раствора
Пошаговое управление притоком	При встрече с залежами малого объема с повышенным давлением можно снизить давление в скважине для обеспечения небольшого управляемого притока в нее в течение нескольких циклов циркуляции для откачки углеводородов из этой залежи. Это устранил необходимость увеличения плотности бурового раствора, что может привести к значительным потерям времени и возможным потерям бурового раствора.	Потери из-за временного увеличения плотности бурового раствора
Спускоподъемные операции при наличии затрубного давления	Эффект очистки (из-за отрицательного трения в затрубном зазоре при движении раствора по нему вниз) может быть устранен поддержанием затрубного давления на постоянном уровне при подъеме колонны. Требуется более низкая плотность бурового раствора, а при спускоподъемных операциях можно избежать возможного притока флюида и (или) потери устойчивости ствола скважины.	Потеря устойчивости Приток флюида Эффект очистки
Закрытый контур для бурового раствора	Использование вращающегося регулятора повышает безопасность, поскольку кольцевое уплотнение отводит скважинный газ от рабочего места на буровой установке.	Наличие газа на рабочем месте
Измерение плотности и температуры бурового раствора на выходе из скважины в реальном времени	Позволяет вести измерения в реальном времени, что невозможно в обычных ситуациях. Это позволяет заметить едва различимые изменения параметров, что позволяет принимать лучшие решения по управлению давлением.	Оседание барита Приток флюида
Цементирование при использовании затрубного давления	Комплексная процедура управления давлением в скважине путем автоматического управления затрубным давлением и эквивалентной плотностью циркуляции бурового раствора при цементировании обсадной колонны позволяет вести работы при почти постоянном затрубном давлении, которое настолько низкое, что можно избежать и потерь, и притока при цементировании.	Потери при цементировании

С применением данной технологии мы можем сократить время бурения, уменьшить расходы на бурение, устранить ряд проблем при использовании технологии динамичного управления давлением, а также снизить некоторые риски возникающие при бурении. Рекомендуется внедрить данную технологию более массово в сферу бурения. Бурение на депрессии и равновесии уже освоили такие известные мировые компании как Halliburton, Schlumberger, Weatherford.

#### Литература

1. Системы бурения с пониженным давлением бурового раствора (на депрессии)/ ИйонМаккиннон, Михаил Майоров. – 2005. – 60с.
2. Системы бурения при контроле давления. – URL: <http://www.weatherford.ru/ru/service/drilling/13>
3. Техническое задание на оказание услуг по бурению с управляемым давлением на ЮТМ.

### ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАДДОЛОТНЫХ КАЛИБРАТОРОВ

**Р.Г. Рустамов**

Научный руководитель: доцент И.В. Мурадханов

**Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия**

Наддолотный калибратор предназначен для калибрования стенок ствола скважины до номинального диаметра при износе долота в абразивных породах, а также цементирования и улучшения условий работы долота, нижней части компоновки бурильной колонны, в том числе забойного двигателя. Его применение позволяет получить ствол скважины максимального эффективного диаметра.