

*Секция: Технические науки*

**Темиргалиев Айдар Анварович**

*магистрант кафедры автоматизации  
производственных процессов и производств*

*Уфимского государственного нефтяного технического университета*

*г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия*

**Агзамов Зуфар Варисович**

*Доцент кафедры автоматизации  
производственных процессов и производств*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ БУРЕНИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Задача управления траекториями бурения скважин основана на следующем принципе: рядом с дистальным концом бурильной колонны расположены измерительные устройства, по меньшей мере один, а в некоторых аспектах два или более, которые используются для измерения ориентации бурильной колонны, забойной сборки, бурового долота относительно геофизического поля земли, таких как магнетизм (магнитная инструментальная поверхность) или гравитация (гравитационная инструментальная поверхность). Эти измерительные устройства могут быть подключены к коммуникационному модулю, который передает информацию о скважинной поверхности инструмента на ЭВМ. Бурильная колонна контролируется для обеспечения скважинных измерений и бурения по желаемой траектории.

Применение телеметрии MWD (measurement while drilling - измерения в процессе бурения) позволяет производить измерения

параметров инклинометрии таких как угол поворота отклонителя, азимута и зенита, а также дополнительные параметры контроля в процессе бурения, что дает возможность качественно и в короткие сроки осуществлять строительство и заканчивание наклонно–направленных и горизонтальных нефтяных и газовых скважин. Главным преимуществом данной технологии являются значительное увеличение скорости проходки в режиме бурения “слайд” [2, с. 18].

Использование каротажа в процессе бурения LWD (Logging while drilling - каротаж в процессе бурения) при помощи присоединения дополнительных модулей к низу компоновки стандартных приборов для проведения измерений. Каротаж представляет собой детальное исследование строения разреза скважины с помощью спуска-подъёма в ней геофизического зонда. Метод имеет небольшой радиус исследования вокруг скважины (от нескольких сантиметров до нескольких метров), но обладает высокой детальностью, позволяющей не только определить с точностью до сантиметров глубину залегания пласта, но даже характер изменения самого пласта на всей его небольшой мощности [3, с. 422].

На протяжении многих лет использования систем измерения параметров бурения, главным способом связи с датчиками остается использование каналов обратной связи между забоем и датчиками телеметрии. Данный аспект является главным фактором, от которого напрямую зависит компоновка и конструкция телесистем, надежность и удобство использования в работе, а также качество передаваемых сигналов. Основными из них являются:

- *Электрический канал связи*
- *Электромагнитный канал связи*
- *Гидравлический канал связи*

Устоявшиеся технологические методы и технические средства, которые используются для бурения нефтяных и газовых скважин,

«делают» из буровика своего рода «крановщиком». Информация, необходимая для вскрытия продуктивного пласта, поступает с датчиков на расстоянии 20-40 м от долота. Замеры с такой удаленностью снижают качество управления траекториями бурения и оперативность при принятии решений. Вследствие неправильных или неточных замеров, неверная корректировка траектории может привести к уменьшению длины продуктивной зоны, что снижает экономическую рентабельность буровых работ [1, с. 52].

В последнее десятилетие нефтегазовая промышленность стала свидетелем появления роторных управляемых систем, что привело к достижениям, которые не были возможны при использовании обычных забойных двигателей. Роторные управляемые системы (РУС) — это современное поколение забойного бурового оборудования, которое обеспечивает снижение рисков возникновения осложнений и аварий, а также позволяет осуществлять управление траекторией скважины. Такие системы обеспечивают более быстрое бурение и увеличивают гладкость скважины. В комплексе с различными MWD/LWD инструментами РУС открывают новые возможности при наклонно направленном бурении и решении сложнейших геологических задач. РУС применяются для реализации морских, арктических проектов, бурения многоствольных и горизонтальных скважин с экстремально большим отходом от вертикали, точной проводки ствола и вскрытия сложных пластов и пластов с нетрадиционными запасами.

ПИД-регулирование является наиболее широко используемым методом управления в автоматизации. Происходит суммирование пропорционального, интегрального и дифференциального составляющих для расчета выходного сигнала ПИД-регулятора.

Конечная форма PID-алгоритма для определения  $u(t)$  в качестве выходного сигнала контроллера имеет вид:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t).$$

В ПИД-регуляторе сигнал обычно колеблется пока не вернется к требуемому значению. Необходима достаточно точная настройка коэффициентов регулятора для достижения плавной коррекции сигнала. В наклонно-направленном бурении желательно избежать флуктуации траектории и иметь гладкую кривую. ПИД-регулятор стремится поддерживать необходимую скорость вращения бурильной колонны и используется для предотвращения прилипания-проскальзывания.

### **Литература**

1. Wang, D., Zhang, W., Zhang, X., Zhao, G., Zuo, R., Ni, J., Yang, G., Jia, J., Yang, K., Zhu, Y., Xie, W., Zhu, W., Zhang, P., Fan, L., Ye, J., Wang, Y. «The China Continental Scientific Drilling Project» / CCSD-1 Well Drilling Engineering and Construction, 2015.
2. Алимбеков Р. И. и др. Система автоматизированного управления траекторией движения бурового инструмента / Проблемы машиноведения, конструкционных материалов и технологий. – 1997.
3. Сковородников И. Г. Геофизические исследования скважин. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — Екатеринбург: Институт испытаний, 2009. — 471 с.
4. Dimitrios Pirovolou, Clinton D. Chapman, Minh Chau, Hector Arismendi, Mbagha Ahorukomeye, Juan Penaranda SPE 143899 Drilling Automation: An Automatic Trajectory Control System. - Society of Petroleum Engineers. 2011.
5. Zhengchun Liu. Wellbore Trajectory Control Based on Minimum Well Profile Energy for Drilling Automation. - 2013.