СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РОТОРНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Даси Э.Ш.
Научный руководитель старший преподаватель Бондарчук И.Б.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Роторные управляемые системы (РУС) – это современное поколение забойного бурового оборудования, обеспечивающее снижение рисков возникновения осложнений и аварий, позволяющее осуществлять управление траекторией скважины. Применение РУС меняет традиционную технологию бурения и позволяет эффективно бурить скважины с горизонтальным окончанием большой протяженности и сложным профилем.

Принцип работы отклоняющих узлов в РУС push-the-bit и point-the-bit приведен на рис. 1.

Узел отклонения push-the-bit обычно имеет 3, 4 или 6 гидроцилиндров, а их разность фаз составляет 120°, 90° и 60° соответственно (рис. 1, а). Принцип действия данного узла заключается в способности перемещения гидроцилиндра за счет давление бурового раствора, оказываемое регулирующим клапаном в процессе вращения бурильной колонны. Затем выдвижные накладки приводятся в действие от соответствующих гидроцилиндров и контактируя со стенкой скважины формируется раскрепляющее усилие. В результате чего создается фрезерование стенки скважины долотом, что и приводит к искривлению [1].

Принцип действия узла отклонения РУС point-the-bit заключается в создании отклоняющего усилия за счет изгиба вала от действия эксцентрично-расположенного кольца (втулки) (рис. 1, б). В такой системе точка изгиба вала находится внутри корпуса над долотом.

Рис. 1. Узел отклонения push-the-bit (а) и point-the-bit (б)

Существуют также комбинированные РУС (Point+Push). При этом два различных механизма отклонения могут требовать совершенно разных конструкций долот. Боковая и осевая часть режущей структуры долота, длина калибрующей части и ее агрессивность, долговечность структуры вооружения должны соответствовать требованиям РУС. Данный инструмент успешно выпускается для диаметров породоразрушающего инструмента от 142,9 до 295,3 мм.

Эволюция РУС в бурении нефтяных и газовых скважин приведена на рис. 2.

Из этого рисунка видно, что большинство инструментов управления бурением РУС на ранней стадии относятся к типу push-the-bit, например, PowerDrive SRD от Schlumberger, Auto-Trak Curve Pro от Baker Hughes и т.д. К недостаткам применения РУС push-the-bit относятся то, что раздвижные накладки, соединенные с гидроцилиндрами могут привести к сильной вибрации, а также они могут вызвать спиралевидное движение ствола скважины и затруднить цементирование при ее заканчивании. Для преодоления этих недостатков РУС с функцией «push-the-bit» были разработаны РУС «point-the-bit», например, PowerDrive Xceed от Schlumberger и Geo Pilot XL от Halliburton.

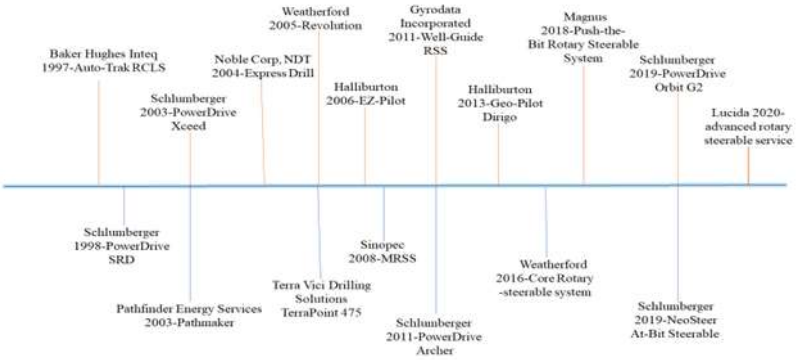

Рис. 2. Эволюция РУС в бурении нефтяных и газовых скважин

Основным недостатком РУС Point the bit является то, что его эксцентриковый вал легко изнашивается. Таким образом, в последние несколько лет некоторые исследователи изучают новый гибридный тип РУС, сочетающий в себе преимущества push-the-bit и point-the-bit [2]. Ярким примером гибридного типа РУС является Neo-Steer CLx от Schlumberger [3].

Доля нескольких крупных нефтесервисных компаний на рынке наклонно-направленного бурения представлена на рис. 3.

При этом Schlumberger занимает около 1/3 рынка, а на втором месте – Haliburton с 16 % долей рынка [5]. Сравнение технических характеристик различных РУС [4] приведено в таблице.

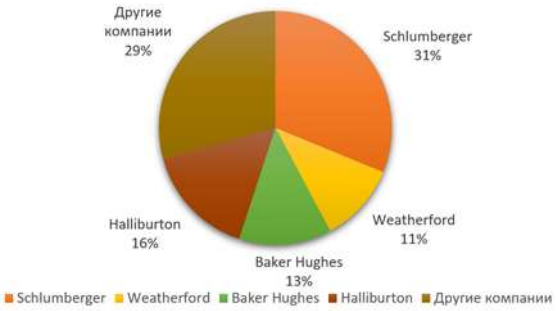

Рис. 3. Сравнение рыночных долей РУС нефтесервисных компаний

Таблица

Сравнение технических различных РУС

Компания	Тип РУС	Максимальная пространственная интенсивность, °/30 м	Максимальная рабочая температура, °С	Максимально давление, МПа	Максимальная скорость вращения, об/мин.
Schlumberger	Neo-Steer CLx	16	175	138	350
Baker Hughes	Lucida	15	175	206.8	400
Weatherford	Magnus	12	150	206.8	350
Halliburton	Geo-Pilot XL	14	150	138	250
Gyrodata	Well-Guide	12	150	138	100
Terra-Vici Drilling	Terra Point 475	15	150	138	300
ANDERIDGE	DART Downhole Adjustable Rotary Tool	25	150	138	220
APS technology	Drilling Tool (IPDT)	13	150	137	200
NOV Inc	Vector ZIEL-400	16	150	138	400
SANVEAN	Scott	12	150	138	400

В настоящее время можно выделить следующие перспективные направления развития технология РУС:

1. Технология «Near bit measurement technology», которая характеризуется в измерении параметров близких к долоту. Эта технология предусматривает установку датчиков внутри бурового долота. Данная технология позволят оптимизировать траекторию бурения.
2. Технология «Smart drill pipe technology», которая характеризуется более высокой скоростью передачи данных и соответственно позволяет оперативно принимать решения по корректировке траекторий скважин.

Литература

1. Schaaf S., Mallary C. R., Pafitis D. Point-the-bit rotary steerable system: Theory and field results //SPE Annual Technical Conference and Exhibition. – OnePetro, 2000.
2. Huang W., Wang G., Gao D. A method for predicting the build-up rate of ‘push-the-bit’rotary steering system //Natural Gas Industry B. – 2021. – Т. 8. – №. 6. – С. 622-627.
3. Barr J. D., Clegg J. M., Russell M. K. Steerable rotary drilling with an experimental system //SPE/IADC Drilling Conference. – OnePetro, 1995.
4. Fei L., Xue-ying M., Yu-qi T. Comparison Study of Leading Rotary Steerable System and Future Development Trend //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1894. – №. 1. – С. 012015.
5. Zhang C., Zou W., Cheng N. Overview of rotary steerable system and its control methods //2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation. – IEEE, 2016. – С.1559-1565.