

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИМПОРТНЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА НЕФТЬ И ГАЗ

Д. К. Шульга

Научный руководитель, старший преподаватель А. В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день, применение забойного двигателя особенно эффективно при бурении наклонно-направленных скважин. Его использование, по сравнению с роторным способом (рис. 1), обеспечивает повышение технико-экономических показателей бурения за счёт увеличения скорости бурения, снижения энергозатрат, сокращения количества аварий с бурильной колонной. При бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин в чаще всего применяют турбобуры и винтовые двигатели. По типу движения, сообщаемого породоразрушающему инструменту, они являются вращательными, рабочим органом которых является система статор-ротор. Выделяют несколько классификаций забойных двигателей. По виду энергоносителя: гидравлические (турбобуры, винтовые забойные двигатели), электрические (электробуры). По особенностям породоразрушающего инструмента различают двигатели для бурения сплошным забоем и колонковые. По назначению: для вертикального, наклонно направленного и горизонтального бурения.

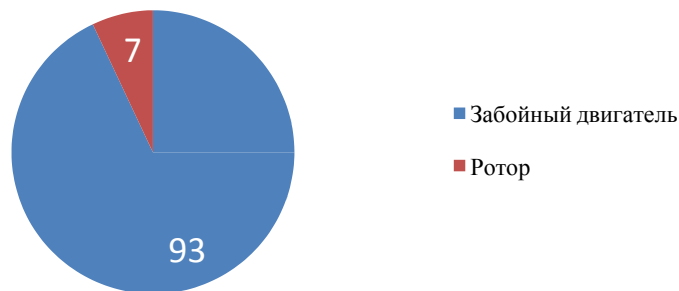


Рисунок 1. Диаграмма соотношения применения забойных двигателей и роторного способа бурения при строительстве наклонно-направленных скважин в России на 2015 год

Отечественная промышленность выпускает широкий ассортимент забойных двигателей, в частности, турбобуров. Разберем основные типы забойных двигателей, с указанием отличительных особенностей.

Таблица 1

Модельный ряд отечественных турбобуров, применяемых при наклонно-направленном бурении

| Тип | Представленные диаметры, мм | Применение | Отличительные особенности |
|-----|-----------------------------|---|---|
| T12 | 172, 195, 240 | Предназначены для бурения верхних интервалов глубоких вертикальных и наклонно-направленных скважин различного назначения. Применяются с долотами шарошечного типа диаметрами от 190,5 мм до 393,7 мм. | Изготавливаются в односекционном бесшпиндельном исполнении. На валу турбинной секции размещается от 104 до 106 ступеней турбины в зависимости от диаметра турбобура [1]. |
| ТС | 104,5; 127, 172, 195, 240 | Предназначены для бурения верхних интервалов глубоких вертикальных и наклонно-направленных скважин различного назначения с использованием шарошечных и безопорных долот различных типоразмеров. | Изготавливаются в несколько секций и бесшпиндельном исполнении. Конструкция нижней секции выполнена таким образом, что позволяет использовать ее в качестве обычного односекционного турбобура [1]. |
| ТСШ | 172, 195, 240 | Предназначены для бурения верхних интервалов глубоких вертикальных и наклонно-направленных скважин различного назначения с применением в зависимости от технологических требований строительства скважин шарошечных и безопорных долот [1]. | Отличительной особенностью этих турбобуров является то, что осевая опора, как быстроизнашивающаяся часть, вынесена в самостоятельный узел - шпиндельную секцию, присоединяемую к нижней секции турбобура. |
| АШ | 164, 195, 240 | Предназначены для бурения вертикальных и наклонно направленных скважин с использованием утяжеленных буровых растворов. | Отличительная особенность турбобуров типа АШ состоит в том, что они выполнены с независимой подвеской вала турбинной секции, то есть каждая секция имеет свою осевую опору [1]. |

Таблица 2

Модельный ряд отечественных винтовых забойных двигателей, применяемых при наклонно-направленном бурении

| Тип | Представленные диаметры, мм | Применение | Отличительные особенности |
|-----|-----------------------------|---|---|
| Д | 85-240 | Предназначены для бурения вертикальных и наклонно направленных скважин. | Односекционные, включают двигательную, шпindelную секции и переливной кран, корпуса которых соединяются между собой с помощью конической резьбы. |
| ДГ | 60-172 | Предназначены для бурения наклонно направленных и горизонтальных скважин с малым радиусом кривизны. | Имеют укороченный шпindel, оснащены опорно-центрирующими элементами и корпусными шарнирами, обеспечивающими эффективную проводку наклонно направленных скважин. |

Произведем анализ турбобуров для наклонно-направленного бурения, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями. Отечественной и зарубежной промышленностью освоено производство односекционных и многосекционных двигателей. Для сравнения была сформирована выборка из 20 турбобуров отечественного и зарубежного производства, обладающих близкими типоразмерами.

Таблица 3

Выборка отечественных турбобуров

| Тип двигателя | Наружный диаметр двигателя, мм | Длина двигателя, мм | Масса, кг | Частота вращения, об/мин | Вращающий момент, Н*м | Расход промывочной жидкости, л/с | Перепад давлений на двигателе, МПа |
|---------------|--------------------------------|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| ТСЧА-104,5 | 104,5 | 12775 | 630 | 870-978 | 147-196 | 8-9 | 4,4-5,4 |
| АБШ | 164 | 17250 | 2095 | 468-588 | 680-1079 | 20-25 | 4,3-6,6 |
| Т13СЗЕ-172 | 172 | 7940 | 1057 | 630-702 | 559-687 | 25-28 | 2,85-3,5 |
| ТО2-172 | 172 | 9712 | 1363 | 705 | 785 | 28 | 3,9 |
| Т12МЗБ-195 | 195 | 8060 | 1440 | 582-648 | 714-882 | 45-50 | 2,9-3,6 |
| ТО2-195 | 195 | 10110 | 1774 | 520 | 870 | 30 | 3,6 |
| ЗТСШ-195ТЛ | 195 | 25700 | 4325 | 342-378 | 1746-2207 | 40-45 | 2,9-3,7 |
| ТО2-240 | 240 | 10170 | 2507 | 420 | 1370 | 45 | 3,0 |
| Т12РТ-240 | 240 | 8210 | 2017 | 264-324 | 2127-2550 | 50-55 | 4,4-5,4 |
| ТКН-240 | 240 | 8210 | 2017 | 273-328 | 2120-2560 | 50-55 | 4,55-5,47 |

Таблица 4

Зарубежные турбобуры компании Halliburton energy services

| Тип двигателя | Наружный диаметр двигателя, мм | Длина двигателя, мм | Масса, кг | Частота вращения, об/мин | Вращающий момент, Н*м | Расход промывочной жидкости, л/с | Перепад давлений на двигателе, МПа |
|-----------------|--------------------------------|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 3 7/8" D1000H | 98,42 | 6900 | 241 | 320-745 | 617 | 4,7-11 | 5,2 |
| 6 1/2" F2000S | 165,1 | 6800 | 730 | 105-190 | 3797 | 15,8-28,4 | 3,1 |
| 6 3/4" F2000S | 171,45 | 7300 | 780 | 95-170 | 5694 | 15,8-28,4 | 4,1 |
| 6 3/4" F2000M | 171,45 | 7600 | 916 | 165-265 | 5084 | 18,9-31,5 | 5,2 |
| 7 3/4" D500 1/2 | 196,85 | 6200 | 1066 | 275-415 | 1532 | 18,9-28,4 | 2,5 |
| 7 3/4" F2000S | 196,85 | 7000 | 1492 | 90-185 | 10305 | 18,9-37,85 | 4,7 |
| 7 3/4" F2000H | 196,85 | 8000 | 1281 | 230-390 | 2928 | 18,9-31,5 | 4,1 |
| 9 5/8" F2000S | 244,47 | 7800 | 2272 | 90-140 | 10575 | 50,5-75,7 | 2,6 |
| 9 5/8" F2000M | 244,47 | 7800 | 2272 | 115-170 | 10539 | 37,85-56,8 | 4,1 |
| 9 5/8" F2000H | 244,47 | 9100 | 2272 | 240-400 | 6236 | 37,85-63 | 4,1 |

Зарубежные турбобуры имеют большой крутящий момент при близком уровне расхода промывочной жидкости. Отечественные турбобуры могут создавать большие частоты вращения, что предпочтительно при бурении вертикальных скважин. Для наклонно-направленных скважин оптимальный режим работы: низкие частоты вращения при наибольшем крутящем моменте, поскольку это упрощает управление траекторией скважины. Остальные характеристики турбобуров – эквивалентны. Таким образом, конструкторские особенности зарубежных двигателей делают их более подходящими для наклонно-направленного бурения.

Также была сделана и проанализирована по техническим характеристикам выборка отечественных и зарубежных винтовых забойных двигателей.

Таблица 5

Выборка отечественных винтовых забойных двигателей

| Тип двигателя | Наружный диаметр двигателя, мм | Длина двигателя, мм | Масса, кг | Частота вращения, об/мин | Вращающий момент, Н*м | Расход промывочной жидкости, л/с | Перепад давлений на двигателе, МПа |
|---------------|--------------------------------|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| ДГ-60 | 60 | 3600 | 340 | 360 | 80 | 2,0 | 3,5 |
| Д1-88 | 88 | 3240 | 1080 | 162-300 | 530-610 | 4,5-7,0 | 5,8-7,0 |
| ДГ-95 | 95 | 2640 | 1080 | 120-180 | 600-900 | 6,0-10,0 | 4,0-5,0 |
| ДГ-106 | 106 | 3230 | 1180 | 80-160 | 800-1200 | 6,0-12,0 | 3,5-5,5 |
| Д1-127 | 127 | 5545 | 3790 | 132-174 | 2200-3000 | 15-20 | 6,6-8,7 |
| ДГ-145 | 145 | 6900 | 4150 | 120-180 | 5000-6000 | 15-20 | 7,0-10,0 |
| ДГ-172 | 172 | 5300 | 6870 | 78-156 | 3200-3800 | 25-35 | 3,5-5,5 |
| ДЗ-172 | 172 | 6880 | 8950 | 78-108 | 3200-3800 | 25-35 | 3,9-4,9 |
| ДЗ-195 | 195 | 6535 | 10000 | 78-114 | 4500-5800 | 25-35 | 4,4-5,9 |
| Д1-240 | 240 | 7550 | 17170 | 72-132 | 10000-14000 | 30-50 | 6,0-8,0 |

Таблица 6

Зарубежные винтовые забойные двигатели PowerPak Schlumberger- mun A, Drilex - mun D

| Тип двигателя | Наружный диаметр двигателя, мм | Длина двигателя, мм | Масса, кг | Частота вращения, об/мин | Вращающий момент, Н*м | Расход промывочной жидкости, л/с | Перепад давлений на двигателе, МПа |
|---------------|--------------------------------|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| A287 | 73 | 3000 | 63,5 | 120-480 | 276 | 1,3-5 | 3,5 |
| A350 | 89 | 4500 | 136 | 98-360 | 752-928 | 1,9-6,9 | 3,4-5 |
| D475SS | 120 | 5770 | 305 | 60-165 | 2847 | 6,3 | 4,8 |
| A475 | 120,6 | 5100 | 281 | 225-450 | 598-1965 | 6,3-15,8 | 2,5-6 |
| A675 | 171,4 | 6500 | 794 | 200-500 | 1850-5210 | 12,6-37,8 | 3,5-7,1 |
| D675 | 172 | 6250 | 830 | 55-185 | 6100-8100 | 12,6-41 | 5,44-6,8 |
| D775 | 195 | 6440 | 1065 | 55-185 | 6100-8100 | 12,6-41 | 5,44-6,8 |
| D950HS | 240 | 7260 | 1775 | 110-235 | 6800-9500 | 22-47,3 | 6,2-7,6 |
| A962 | 244,5 | 8000 | 2313 | 200-400 | 4520-12965 | 25,2-75,6 | 3,2-5,8 |
| A1125 | 285,8 | 8800 | 2903 | 120-180 | 15230 | 63-94,5 | 3,5 |

Частоты вращения зарубежных и отечественных аналогов аналогичны, в то время, как зарубежные двигатели обеспечивают больший крутящий момент и требуют обеспечения большего расхода промывочной жидкости. Еще одной особенностью зарубежных двигателей является широкий диапазон возможных крутящих моментов и частот вращения, что делает их более универсальными в технологическом плане. Зарубежные двигатели, кроме того, обладают рядом технических особенностей: гибко настраиваемый угол отклонителя; конструкция подшипниковой секции, позволяющая создавать увеличенную нагрузку на долото; силовые секции с возможностью применения как в режиме с низкой частотой вращения при большом крутящем моменте, так и в режиме с высокой частотой вращения при малом крутящем моменте. ПОЭТОМУ, можно сделать вывод, что отечественные винтовые забойные двигатели по техническим характеристикам, на данный момент, существенно уступают зарубежным аналогам.

В заключение хотелось бы отметить, что у отечественных производителей существуют большие перспективы развития, поскольку за рубежом преобладает бурение роторным способом, а забойные двигатели используются только на интервалах набора угла. В отечественной практике забойные двигатели применяются практически повсеместно, что делает их востребованными, обеспечивает широкую апробацию и стимулирует производителей постоянно их модернизировать.

Литература

1. Булатов А.И. Спутник буровика. - М.: Недрa, 2014. - 378 с.
2. Калинин А.Г. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. - М.: Недрa, 1997. - 647 с.
3. Поваляхин А.С. Бурение наклонных, горизонтальных и многозабойных скважин. - М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2011. - 645 с.