

**ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАТОРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ
ПРОЦЕССОВ БУРЕНИЯ И ДОБЫЧИ**

В.А. Никитин

Научный руководитель – старший преподаватель Е.Ю. Валитова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В процессе бурения наклонно-направленных скважин стало применяться оборудование, обеспечивающее постоянный контроль за положением оси ствола скважины в пространстве (MWD – Measurement While Drilling), а также контроль искривления, литологии, насыщения и оперативного управления бурением (LWD – Logging While Drilling).

Процесс добычи также зависит от получения в реальном времени различных параметров, включая температуру, давление, дебит, содержание воды в добываемом флюиде, с помощью систем мониторинга внутри скважины.

Обеспечение скважинных устройств электроэнергией является затруднительным. Традиционные способы энергообеспечения скважинных приборов – батареи и силовые кабели недостаточно надежны и долговечны, а также требуют регулярного технического обслуживания и ремонта, связанного с финансовыми и временными затратами на остановку технологического процесса и спуско-подъемные операции.

Кроме того, известно, что при бурении и добыче на труднодоступных территориях стоимость генерирования электроэнергии сильно возрастает в связи с увеличением затрат на доставку топлива [1]. В настоящее время в связи с Постановлением Правительства Российской Федерации № 366 от 21 апреля 2014 г. [2] начинается разработка месторождений на все более отдаленных территориях, в том числе относящихся к Арктической зоне.

Таким образом, как при бурении, так и при добыче стоит проблема в острой нехватке электроэнергии для использования скважинных устройств.

Решением проблемы энергообеспечения скважинного оборудования такого типа является использование в скважине автономных систем энергообеспечения. Данные системы должны удовлетворять следующим требованиям: компактности, продолжительному непрерывному времени работы, виброустойчивости, устойчивости к высоким температурам и коррозионно-активной среде бурового раствора.

Количество электроэнергии, используемой устройствами MWD/LWD, составляет 600-900 Вт. Из этой энергии сенсорами используется 80-200 Вт, из которых для навигации необходимо только 40-60 Вт. Остальная энергия (500-700 Вт) используется для передачи данных на поверхность при помощи электропроводного, электромагнитного или чаще всего гидравлического каналов связи [3].

Потребление энергии некоторых скважинных устройств при добыче приведено в табл. 1 [4].

Таблица 1

Энергопотребление скважинных устройств, применяемых при добыче

Устройство	Примерное энергопотребление, Вт
Измерительные приборы	0,1–0,2
Клапан-регулятор потока (малой мощности)	1–5
Клапан-регулятор потока (обычной мощности)	5–15
Скважинный дебитомер	10–20
Скважинная телеметрия	15–30
Беспроводные интеллектуальные системы заканчивания	30–50

Для обеспечения скважинных устройств электроэнергией при бурении и эксплуатации скважины можно использовать кинетическую, вибрационную и электростатическую энергию. Для использования этой энергии она должна быть преобразована в электрическую с помощью специальных систем.

Основным источником кинетической энергии в скважине является движущийся поток жидкости (скважинный флюид или буровой раствор). Преобразование этой энергии в электрическую осуществляется при помощи турбины. В соответствии с патентом [5] ротор электрического генератора получает свое движение от вращающейся внешней турбины, соединенной с ним. Турбина вращается вследствие падения бурового раствора в бурительной колонне или подъема скважинного флюида в колонне НКТ.

Максимально возможная энергия, генерируемая потоком бурового раствора, составляет около 800 Вт [5]. Количество вырабатываемой энергии сильно зависит от скорости потока жидкости.

Недостатками данного метода является снижение эффективного диаметра колонны, а следовательно, скорости бурового раствора при бурении. Кроме того, ввиду абразивной природы бурового раствора происходит быстрый износ механических частей устройства.

Поток бурового раствора может быть также источником электростатической энергии. Буровой раствор является непроводящей жидкостью с диэлектрической проницаемостью от 2 до 40. Поток бурового раствора создает электростатический потенциал между собой и элементом внутри бурительной колонны. Он накапливается при помощи заземляющего катода, находящегося в контакте с раствором, и электрода, находящегося в контакте с элементом внутри бурительной колонны. Электростатический потенциал может достигать 50 кВ [6]. Недостатком способа является необходимость в специальных шероховатых поверхностях внутренней стороны бурительной трубы.

Другим источником энергии на забое скважины являются вибрации, которые возникают вследствие потока бурового раствора, движения колонны или продольных вибраций бурового долота, возникающих из-за неравномерного строения породы бурения. Самым мощным источником являются продольные вибрации бурового долота. Они достигают амплитуд в 10000 Н и частот в 1000 Гц [7].

В патенте [8] вибродемпфирующее и амортизирующее устройство содержит несколько пьезоэлектрических элементов. Амплитуды и частоты генерируемых электрических волн зависят от источника вибраций. Частоты находятся в диапазоне 5-1000 Гц. Генерируемая мощность составляет от 1 мВт до 2000 Вт [8].

Анализ подходов по преобразованию энергии представлен в табл. 2. Наиболее эффективным, на взгляд автора, является применение пьезоэлектрических элементов для генерирования энергии от вибрации потока жидкости. Это позволит использовать устройство, как при бурении, так и при эксплуатации скважины. Так как объемы генерируемой энергии малы, необходимо использовать перезаряжаемые батареи или суперконденсаторы.

Таблица 2

Сравнение между различными способами генерирования энергии при бурении

Источник энергии	Максимальная расчетная мощность устройства, Вт	Способы трансформирования	Практически реализованная мощность, Вт	Применяемость в производственных условиях, да/нет
Кинетическая	800	Турбина	15	Да
Вибрация	1 200	Пьезоэлемент	30	Да
Электростатическая	10	Конденсатор	–	Нет

Принципиальная схема работы устройства приведена на рисунке 1.

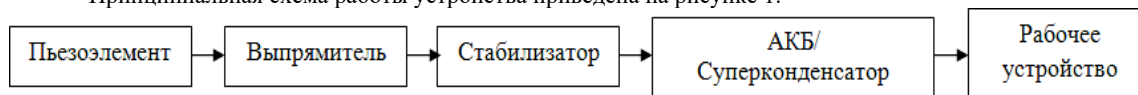


Рис. 1. Принципиальная схема работы устройства [8]

Вибрации на пьезоэлементе будут возникать вследствие действия на него вихревых дорожек, также известных как дорожки Кармана. Дорожки Кармана возникают вследствие установки плохо обтекаемого тела, в нашем случае, цилиндра на пути потока жидкости. Воздействие вихревых дорожек на пьезоэлемент показано на рис.2.

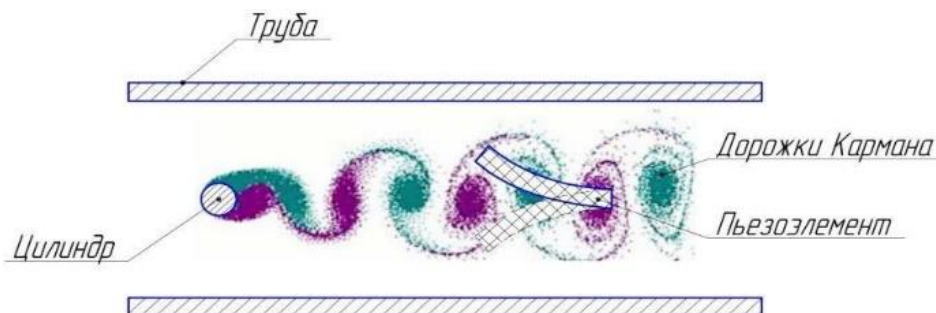


Рис. 2. Размещение элементов генератора внутри трубы

Надежные перезаряжаемые батареи совместно с использованием надежных скважинных генераторов энергии, которые будут сохранять батареи заряженными, могут быть оптимальным решением.

Литература

1. Методические рекомендации по нормированию расхода топливноэнергетических ресурсов на бурение скважин при выполнении проектноисследовательских работ. – М., 1985. – 74 с.
2. Постановление Правительства Российской Федерации № 366 от 21 апреля 2014 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020года»».
3. Dimanchev D., Mintchev M.P. Energy Harvesting in Horizontal Drilling Processes for the Purpose of Information and Navigation Monitoring // International Journal of Information Theories and Applications ,2013. 20(2).
4. Piezoelectric Based Flow Power Harvesting for Downhole Environment / Ahmad T.J., Arsalan M., Black, M. J. [et al.] // SPE Middle East Intelligent Oil and Gas Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers. – P.1-8.
5. Пат. 2417313. Российская Федерация. Генератор питания скважинной аппаратуры / Н.Б. Болотин. Оpubл. 27.04.2011.
6. Tosi L.P., Cornette H.M., Cornette C.A. Flow-induced Electrostatic Power Generator for Downhole Use in Oil and Gas Wells, US Patent Application 20120273234, Nov. 1, 2012.
7. Cobern M.E. Downhole Vibration Monitoring and Control System – Phase 1 Final Report.
8. Zabcik C.J. Downhole apparatus for absorbing vibratory energy to generate electrical power, US Patent 4518888, May 21, 1985.