

**В. П. ЧЕРВИНСКИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,  
**В. В. ВАСИЛЕНКО**, студент, НТУ «ХПИ»,  
**В. П. ГОЛУБЕНКО**, студент, НТУ «ХПИ»

## **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОБУРОВ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

В статье рассмотрено применение электробуров для бурения нефтяных и газовых скважин, проанализированы его преимущества над другими способами бурения. Исследована конструкция электробуровой установки.

**Ключевые слова:** электробур, токоподвод, шпиндель, редуктор, механизм искривления, телеметрическая система, токоприемник.

Современный этап развития нефтегазовой промышленности, показывает необходимость бурения на все больших глубинах, а также при необходимости бурение горизонтальных участков скважин. Эти факторы обуславливают использование новых технологий в нефтегазовой отрасли. Такой технологией является применение электробурения, которое в ряде случаев превосходит роторное бурение и бурение гидравлическими забойными двигателями не только по технологическим, но и по экономическим показателям.

В мировой практике, при бурении нефтяных и газовых скважин, применяются следующие способы бурения:

— роторный, когда вращение долоту передаётся вращающейся колонной бурильных труб;

— бурение турбобуром - гидравлическим забойным двигателем, когда буровая колонна совершает поступательное движение, а вращение долота обеспечивается турбинным двигателем;

— бурение винтовыми гидравлическими двигателями - наиболее современный способ бурения, при котором долото вращает ротор винтовой пары;

— бурение электробуром, когда вращение долоту передаётся асинхронным трёхфазным электродвигателем, связанным с поверхностью кабельными секциями.

С 1965 года промышленное освоение электробурения для нефтяных и газовых скважин началось на Харьковском электромеханическом заводе, а с 1972 года передано Харьковскому заводу «Потенциал», который является единственным производителем данного вида оборудования в мире.

За годы применения электробурения наибольший объём пришелся на Башкортостан, где было пробурено около семи миллионов метров горных пород в 2500 скважинах. Помимо этого региона электробурение осуществлялось в Туркменистане, Азербайджане и на Украине. Всего было пробурено 12,5 миллионов метров горных пород.

По ряду объективных и субъективных причин электробурение с 2008 года по настоящее время было прекращено.

В процессе внедрения электробурения решались сложные технические проблемы, в частности были созданы:

— уникальная конструкция длинных электродвигателей большой мощности, диаметрами 164 - 290 мм;

— конструкция надежной обмотки забойного электродвигателя, способная

- работать в масле в условиях значительных вибраций;
- пята на подшипниках качения, способная воспринимать высокие динамические осевые нагрузки;
- уплотнения вращающихся валов в специфических условиях работы на забое;
- токоподвод повышенной надежности и др.

Условия работы электробура предопределили уникальную конструкцию его двигателя и шпинделя. Эти условия характеризуются:

- небольшим диаметром скважины;
- работой в потоке бурового раствора — под высоким гидростатическим давлением;
- высокой температурой окружающей среды;
- передачей через электробур на долото значительной части веса колонны бурильных труб;
- сильными вибрациями с соответствующей динамикой осевой нагрузки;
- большими значениями необходимого вращающего момента и мощности с частыми перегрузками и пиками нагрузки при значительном удалении источника питания от двигателя.

Конструкция современного электробура состоит из электродвигателя и соединённых с ним редуктора и шпинделя.

Электродвигатель представляет собой погружную, маслонаполненную трёхфазную асинхронную машину с короткозамкнутым секционном ротором. Компоновка низа буровой колонны при бурении электробуром выглядит следующим образом: долото, шпиндель, механизм искривления, редуктор, электродвигатель электробура, телеметрическая система (геофизическое устройство контроля параметров скважины), система контроля изоляции токоподвода, бурильные трубы (специальные, для электробурения), кабельные секции; токоприёмник (рис 1).

На поверхности установлены: силовой трансформатор, распределительное устройство управления и защиты электробура, наземный блок телесистемы.

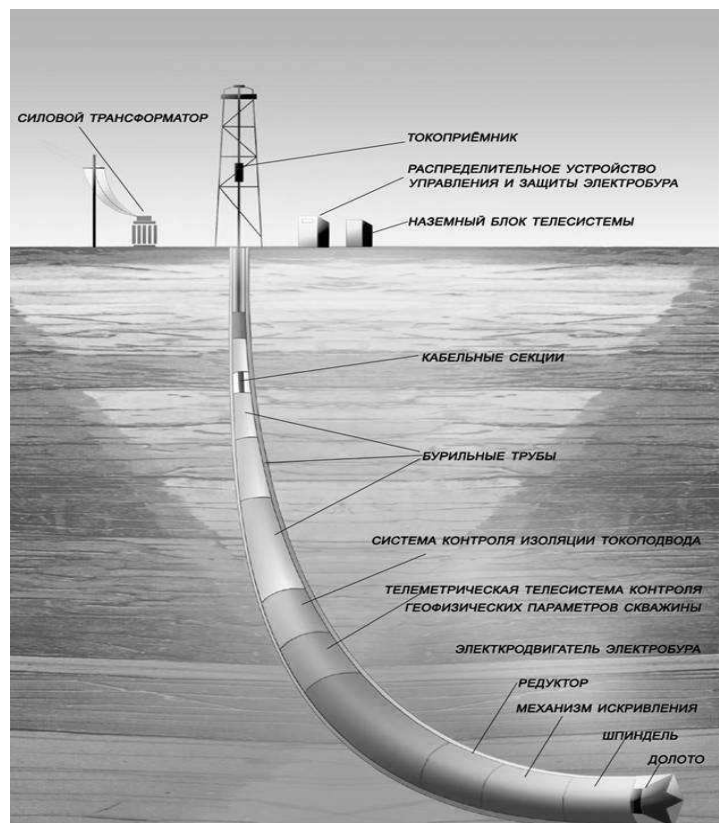


Рис. 1 – Схема электробуровой установки

Электробур с долотом опускают в скважину на бурильных трубах, через которые прокачивают промывочную жидкость. Электроэнергия к двигателю подаётся по кабельным секциям, закреплённых в бурильных трубах

Наличие в токоприёмнике скользящих контактов позволяет в случае необходимости проворачивать колонну труб в процессе бурения или вращать ведущую трубу при наращивании труб.

При бурении наклонно-направленных скважин применяют механизм искривления, с углом отклонения 1, 1,5 и 2°. Этот механизм в виде отдельного узла монтируется между двигателем и шпинделем.

Для контроля за траекторией скважины используется устройство ориентирования бурового инструмента (телеметрическая система) дающая сведения об угле наклона скважины, азимуте и положении отклонителя.

Для уменьшения частоты вращения долота и повышения вращающего момента применяют редуктор.

Таблица – Основные параметры электробуров:

Диаметр электробура, мм	127	164	190	215	240	290
Диаметр применяемого долота, мм	146	187,3 190,5	212,7 215,9	244,5	269,9 295,3	349,2 393,7
Глубина бурения, м	7000	6000	6000	5000	5000	3500
Максимальная осевая нагрузка, кН	100	250	300	350	400	450
Мощность двигателя, кВт	35	55 65	125	175	210	180
Напряжение питания, В	750	850 1100	1300	1550	1700	1750
Скорость вращения, об/мин	1297	675 1350	675	680	690	455

Электробуровы эффективно работают на глубине до 7000 метров при охлаждении прокачиваемым промывочным раствором под гидростатическим давлением до 125 МПа. Температура прокачиваемого раствора в скважине в процессе установившейся циркуляции должна быть не более 85°C.

Для определения температуры среды, окружающей двигатель необходимо измерить температуру нециркулирующей и циркулирующей промывочной жидкости в скважине при наиболее характерной для процесса бурения длительности спуска и подъема буровой колонны.

Основные работы по исследованию закономерности изменения температуры циркулирующей промывочной жидкости были проведены при бурении глубокой скважины № 216 (Лок-Батан, Азербайджан), где в первые с помощью термометра была измерена температура жидкости в непосредственной близости от забоя по мере углубления скважины до 3000 м.

Скважина № 216 с глубины 2004 до 3000 м бурилась без существенных остановок и нарушений, поэтому данные замеров температуры можно считать характерными для скважин, проходимых в аналогичных условиях. Температуру замеряли на глубинах от 2200 до 2970 м. При каждом замере сначала определяли

температуру неподвижного раствора непосредственно после спуска бурильной колонны.

Температура у входа в электробур называется забойной. Бурить начинали только после того, как температура доходила до определенного минимума и оставалась в течение 5—10 мин практически неизменной. Затем через каждый час работы электробура при трехминутном перерыве в бурении включали термометр и измеряли температуру циркулирующего бурового раствора.

Одновременно с измерением забойной температуры раствора измеряли

температуру на входе в манифольд и на выходе в желоба вблизи от устья скважины.

По данным измерений построены кривые изменения температуры раствора на забое с момента включения насоса (вначале без работы электробура, а после достижения некоторого минимального значения с включенным электробуром). Как видно из кривых на рис. 2, температура раствора в начале циркуляции быстро падает, достигает минимума и затем вследствие общего прогрева раствора к концу работы долота повышается на 2—4° С.

При бурении глубоких скважин в районах с высоким геотермическим градиентом следует учитывать обстоятельства, вследствие которых нагрев двигателя электробура достигает установившейся температуры только тогда, когда забойная температура циркулирующего бурового раствора снизится до минимального значения. Эти обстоятельства следующие:

1. после спуска бурильной колонны в течение 15—25 мин проводят промывку и затем проработку участка скважины, пройденного предыдущим долотом; при проработке двигатель работает в режиме, близком к режиму холостого хода;

2. для приработки долота при электробурении нагрузка на него передается постепенно, следовательно двигатель загружается также постепенно;

3. новое долото требует меньшего вращающего момента на 1 тс осевой нагрузки, чем изношенное;

4. обмотка двигателя электробура при номинальной мощности нагревается до установившейся температуры только через 12—18 мин. В связи с перечисленным выше следует считать, что обмотка двигателя до установившейся температуры может нагреваться через 42—63 мин после начала циркуляции бурового раствора. Это время примерно совпадает со временем, в течение которого температура циркулирующей жидкости снижается до минимального значения. Кроме того, следует учитывать, что изоляция, применяемая в двигателях электробуров, допускает кратковременный перегрев до 170° С.

Таким образом, для проектирования можно принять температуру окружающей среды электробура, равную температуре циркулирующего бурового раствора после спада до минимального значения.

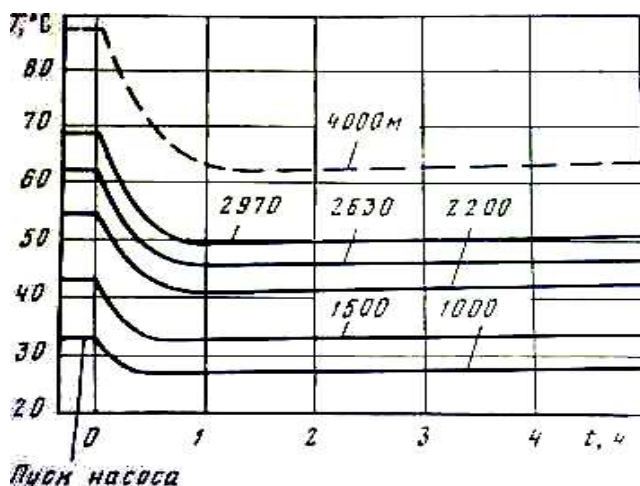


Рис. 2 – Кривые измерения температуры бурового раствора на забое (у входа в электробур) после начала циркуляции в скважинах различных глубин

Бурение электробуром может осуществляться со всеми типами долот, включая алмазные и гидромониторные.

Также электробур позволяет осуществлять бурение, используя продувку воздухом и азириванной жидкостью.

Изучение опыта современного бурения показывает, что дальнейший прогресс в этой области, в первую очередь, связан с ростом глубин скважин и увеличением объёмов горизонтального бурения. В связи с этим, возникают проблемы эффективной доставки энергии к забой скважины и получения на поверхности достоверной информации.

Наиболее рациональным способом бурения, при котором решаются эти задачи, является электробурение.

Преимущества электробура:

1. Сравнительно с бурением гидравлическими двигателями, наиболее полно используется гидравлическая мощность насосов, которая передаётся на забой только для промывки. Благодаря этому, значительно улучшаются условия очистки скважин от выбуренной породы, увеличивается механическая скорость проходки на долото, уменьшается стоимость бурения и сроки строительства скважин.

2. Благодаря тому, что бурение электробуром проводится при меньших давлениях в гидравлической циркуляционной системе соответственно уменьшаются:

- износ бурового оборудования и бурильных труб;
- дифференциальное давление на пласт;
- размыв стенок скважины;
- уровень шума на буровой;
- гидравлические потери давления;

3. Рабочие органы не подвержены действию абразивных частиц бурового раствора, так как электробур является герметичным маслonaполненным механизмом.

4. Электробуры имеют наибольшую удельную мощность на единицу длины забойного двигателя. Ремонт электробуров в основном сводится к замене торцевых уплотнений и подшипников и длится в два - три раза быстрее чем ремонт гидравлического двигателя.

5. Возможность дистанционного контроля за работой турбобура. При бурении с помощью электробура изменение момента сопротивления на долоте мгновенно влияет на изменение тока и мощности, которые контролируются с поверхности, поэтому возможно без подъёма колонны определять степень износа долота и предупреждать аварийные ситуации. Открываются широкие возможности автоматизации всего процесса бурения.

6. Характеристика двигателя электробура не зависят от его пространственного положения и глубины нахождения, что даёт возможность передавать большие мощности на большие глубины и в сильно искривлённые скважины.

Мы проанализировали такие показатели как проходка на долото и механическая скорость бурения при различных способах бурения. Полученные результаты представлены в виде гистограмм.

Электробурение особенно эффективно при сооружении горизонтальных, разветвлённо-горизонтальных и глубоких скважин, а также при проходке дополнительных горизонтальных стволов в уже пробуренных скважинах.

В настоящее время, когда ведётся бурение на сланцевые залежи, двигателя лучшего чем забойный не существует, поскольку на порядок увеличивается необходимость в бурении горизонтальных участков стволов.

На основании полученного большого опыта ведётся работа по созданию нового электробура работающего от постоянного тока, что позволит оперативно изменять частоту вращения породоразрушающего инструмента, а значит значительно улучшить отработку долот и увеличить механическую скорость бурения. Наибольшим преимуществом электробура является возможность, благодаря наличию токопровода, иметь канал связи для передачи информации с забоя скважины на поверхность от погружной телеметрической аппаратуры (телесистемы) и чётко ориентировать необходимую траекторию ствола.

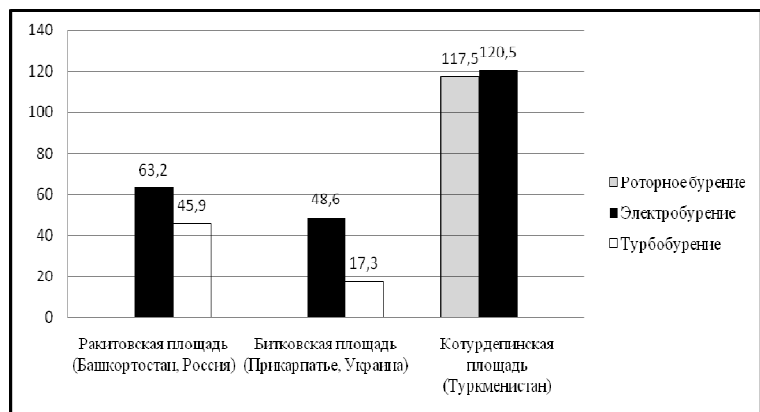


Рис. 3 – Проходка электробура на долото в метрах по сравнению с турбобуром и роторным бурением

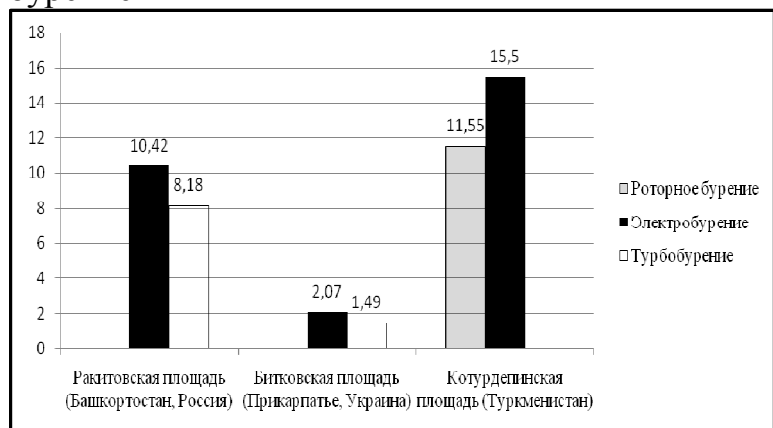


Рис. 4 – Механические скорости бурения электробуром по сравнению с турбобуром и роторным бурением

**Список литературы:** 1. Фоменко Ф. Н. Бурение скважин электробуром / Фоменко Ф. Н. – М.: Недра, 1974. – 272 с. 2. Фоменко Ф. Н. Электробуры для бурения нефтяных и газовых скважин / Фоменко Ф. Н. – М.: Гостоптехиздат., 1958. – 328с. 3. Фоменко Ф. Н. Исследование тепловых условий и теплового режима работы электробуров / Фоменко Ф. Н. – М.: Гостоптехиздат., 1959. 314с. 4. Абызбаев Б. И. Перспективы развития электробурения как высокотехнологического способа строительства нефтяных и газовых скважин /Б. И. Абызбаев // Нефть, Газ и Бизнес. - 2001. - № 2. с 57-60. 5. Корнеев К. Е. Буровые долота / Корнеев К. Е. Палий П. А. – М.: Недра, 1971. – 284 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2013

УДК 622.243

**К вопросу применения электробуров при бурении нефтегазовых скважин / В. П. Червинский, В. В. Василенко, В. П. Голубенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 26 (999). – С.129-134. – Бібліогр.:5 назв.**

У статті розглянуто застосування електробурів для буріння нафтових і газових свердловин, проаналізовано його переваги над іншими способами буріння. Досліджена конструкція електробурової установки.

**Ключові слова:** електробур, токопідвод, шпіндель, редуктор, механізм викривлення, телеметрична система, токоприймач.

The article describes the application of electric drill for drilling oil and gas wells, analyzed its advantages over other means of drilling. Studied design electric drilling plant. **Keywords:** electric, electric current supply, spindle, a reducer, a mechanism curvature, telemetry system, electric current collector.