БУНЕСКУ ДУМИТРУ ГРИГОРЕ,
КАЛОТЭ НИКОЛАИЕ
Университет нефти и газа, Плоешти, Румыния

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА БУРОВЫХ УСТАНОВКАХ И СИСТЕМАХ ПО ДОБЫЧЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Приведены результаты изучения возможностей снижения потребления энергии на буровом оборудовании, разработанном для проходки скважин, и на насосном оборудовании для нефтепродуктов. Затрагивается проблема синхронизации дизельных двигателей, работающих на буровом оборудовании нефтяных месторождений, что дает возможность сократить потребление топлива и сохранить работоспособность оборудования. Кроме того, показано, как во время проведения буровых работ большое количество энергии может быть извлечено из введения полых буровых инструментов в скважину. Рассмотрена проблема балансирования и перебалансирования насосного оборудования в режиме реального времени, а также возможность использования индуцированного трехзвездного (Δ-Y) электромотора.

This work includes results of research regarding the possibilities of reducing consumed energy at the oil-rigs designed for drilling wells and at the pumping equipment for oil products. It includes such problems as synchronization of DIESEL motors which work in the oil fields at a drilling rig that provides an opportunity to reduce consumption of fuel and to keep it working as long as possible. Moreover, during the drilling works, it is shown how the great amount of energy can be recovered from introducing the tubular tools into well, and the way this energy can be used. The second part of this article deals with the problem of real-time balancing and rebalancing of pumping units and also with the opportunity to use the action with induction in triangle-star (Δ-Y) electric motor.

Работы по реализации нефтяных скважин и по добыче нефти проводятся с большими финансовыми затратами. Например, для бурения скважины глубиной до 5000 м, которое длится приблизительно 6-8 месяцев, в час затрачивается около 10000 дол. Поэтому необходимо исследование всех возможностей для уменьшения этих затрат (энергия, топливо, материалы). В работе проанализированы возможности уменьшения энергетических затрат, которые составляют значительную часть общих затрат. Этот анализ проводился для буровых установок и систем по добыче нефти.

Рассмотрим возможности уменьшения энергетических затрат на буровых установках. Для доступа к нефтяным месторождениям должна быть пробурена скважина (рис.1). Реализация скважины проводится с помощью буровой установки. В состав этой установки входит силовая система (гидротермическая или электротермическая) и три рабочие системы (вращательная, циркуляционная и маневрирования).

В составе силовой системы для надежности должно присутствовать не менее двух двигателей. Из-за недостатков командной системы эти двигатели работают в большинстве случаев десинхронизировано, что приводит к увеличению потребления топлива и большому количеству ремонтов (рис.2, 3).

Ошибки при компоновке регулирующих элементов приводят к десинхронизации характеристик моторов, которые работают в параллельном режиме. Регулирование монтажной стрелы должно проводиться обслуживающим персоналом в рабочих условиях. При неправильной регулировке моторы работают в режиме сильной десинхронизации. Именно по этой причине проявляются такие негативные эффекты, как излишнее потребление топлива (к примеру, объем топлива, рассчитанный на 30 дней, расходуется за 20 дней) и увеличение количества ремонтов двигателей.

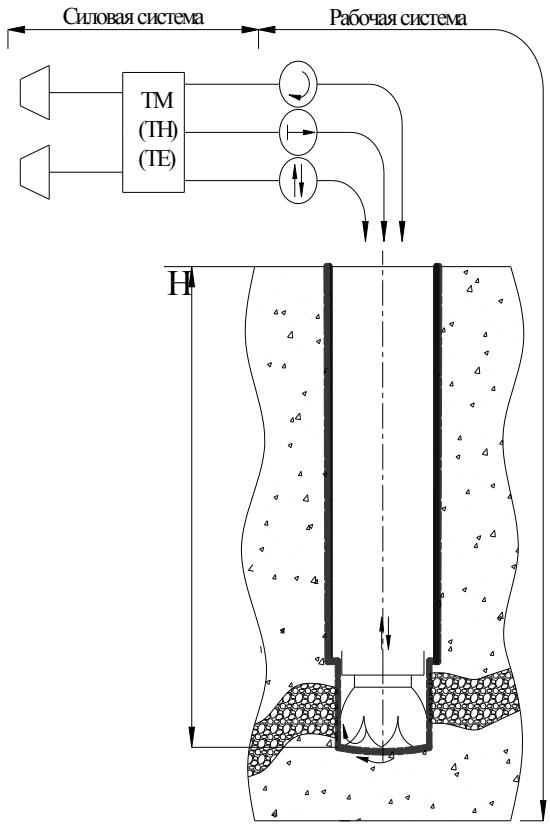


Рис.1. Схема буровая установка – скважина

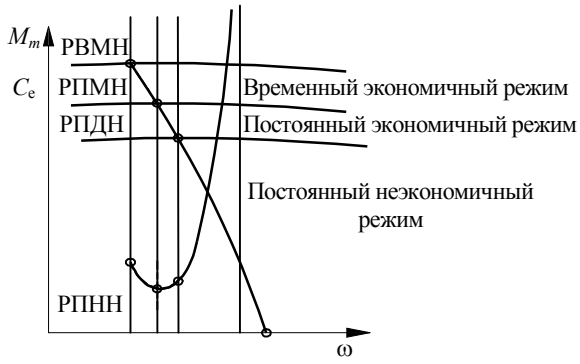


Рис.2. Характеристика двигателя DIESEL на буровой установке
$C_e = C_h / P_e$ – эфективный расход топлива; C_h – расход топлива в час; P_e – эфективная мощность;
РВМН – режим временных максимальных нагрузок;
РПМН – режим постоянных маскимальных нагрузок;
РПДН – режим постоянных допустимых нагрузок;
РПНН - режим постоянных нулевых нагрузок

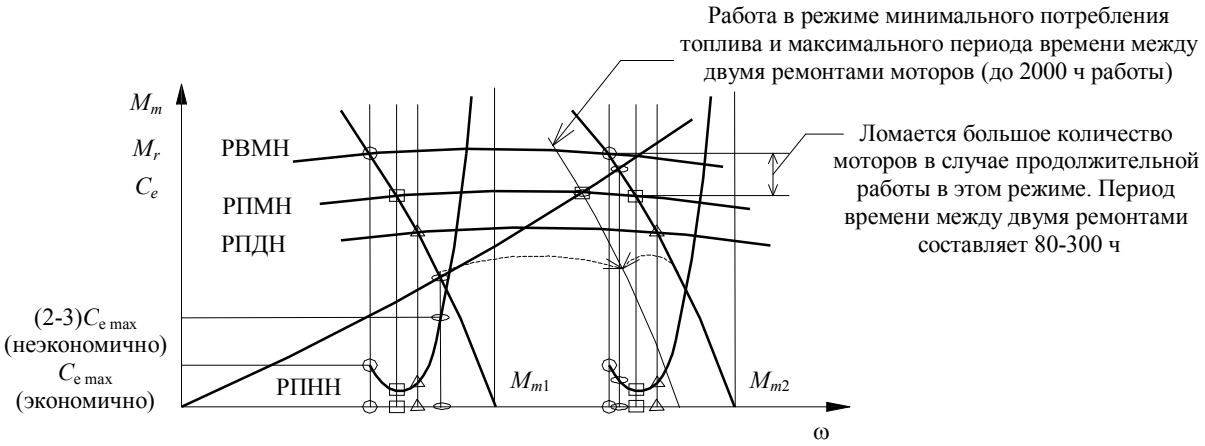


Рис.3. Синхронизация двух двигателей DIESEL

По этой причине в Румынии появились новые заводы по ремонту моторов.

Такие негативные эффекты могут быть устранены посредством введения в рабочую систему автоматических регуляторов: один мотор програмируется оператором, а остальные автоматически синхронизируются под него и работают при параметрах M, ω.

В рабочих системах в настоящее время не предпринимается никаких мер по восстановлению затраченной во время работы энергии. Для увеличения экономической эффективности буровой установки возможно восстановление значительной части энергии, но только для системы маневрирования. С помощью системы маневрирования

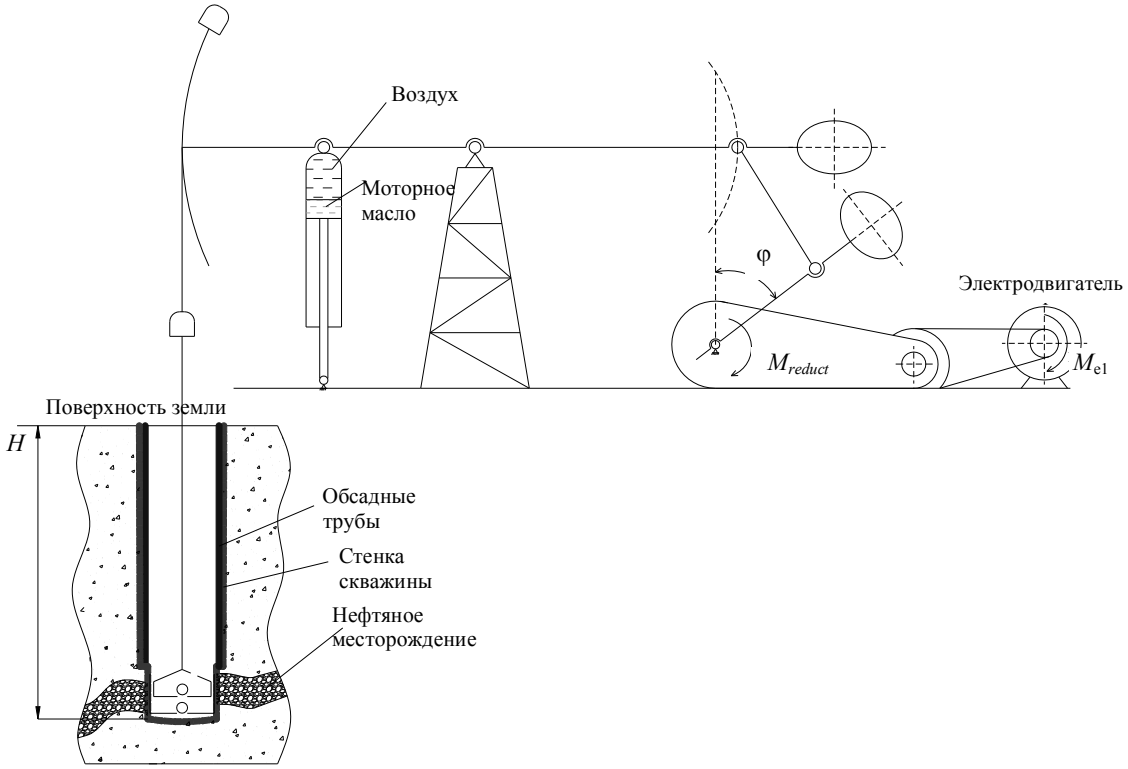


Рис.4. Схема насосная установка – скважина

проводится поднятие буровой гарнитуры из скважины (например, с глубины 4-5 км), что увеличивает ее потенциальную энергию ($E_p = mgH$). При повторном внедрении бурильных труб в скважину эта потенциальная энергия может быть восстановлена. В настоящее время такая энергия переходит в тепловую энергию и выделяется в окружающую среду посредством тормозной системы.

Возможности использования восстановленной энергии:

- в настоящее время выделяющуюся теплоту можно использовать для обогрева помещений и т.д.;
- в будущем на буровых установках тормозную систему можно заменить системой восстановления энергии, состоящей из электрогенератора и электронной батареи большой мощности типа конвертор-инвертор. Полученная электроэнергия может быть использована на нефтяных месторождениях для освещения или для вспомогательных работ (воздушные компрессоры, мешалки бурового раствора, гидроциклоны и т.д.).

Энергия, использованная во вращательных и циркуляционных системах, не может быть восстановлена.

Из всего сказанного следует, что существуют значительные энергетические резервы, использование которых может снизить стоимость буровых работ.

Существуют два основных направления уменьшения энергетических затрат на установках по добыче нефтепродуктов насосными установками:

- механическое или пневматическое уравновешивание насосной установки;
- оптимизация конструктивно-функциональных решений силового электродвигателя (рис.4, 5).

Уравновешивание насосной установки не допускает работы электродвигателя в режиме генератора, уменьшая его номинальную мощность и повышая надежность ременной трансмиссии.

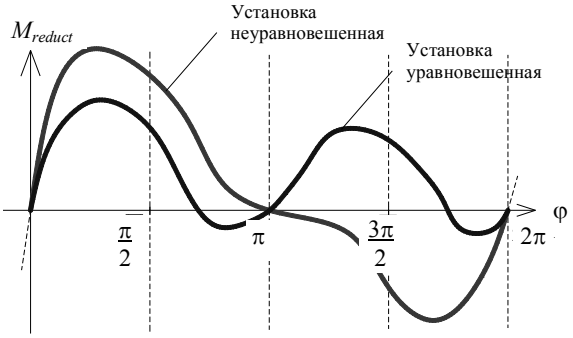


Рис.5. Характеристика электродвигателя для уравновешенной и неуравновешенной насосной установки

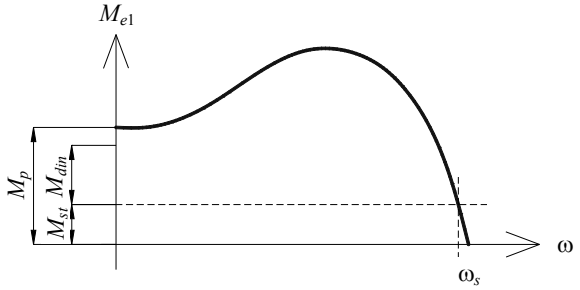


Рис.6. Характеристика электродвигателя при включении и в стабилизированном режиме

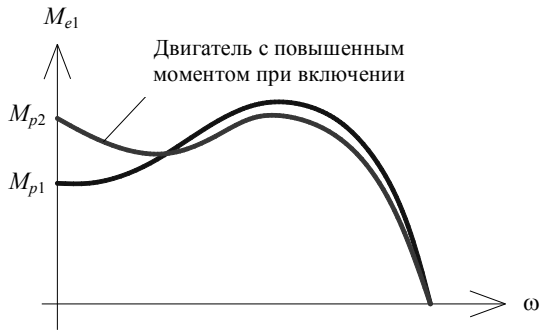


Рис.7. Сравнение характеристик двигателя с короткозамкнутым ротором и двигателя с повышенными скольжением и моментом при включении

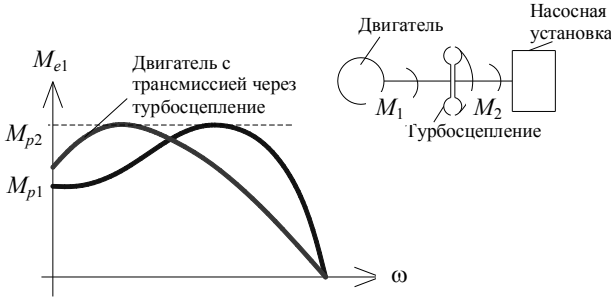


Рис.8. Сравнение характеристик двигателя с короткозамкнутым ротором и двигателя с транмиссией через турбосцепление

Оптимизация конструктивно-функциональных решений силовой системы необходима, так как в настоящее время между электродвигателем (на поверхности) и насосом, расположенным на дне скважины в месторождении, не существует сцепления.

Отсутствие сцепления приводит к тому, что при включении двигателя общий противодействующий момент (стационарный плюс динамичный) имеет очень большое значение. В итоге у такого электродвигателя момент при включении должен быть большим, чем общий противодействующий момент (рис.6),

$$M_{\text{р}} \geq M_{st} + M_{din} = M_{st} + I_{redus}\varepsilon,$$

$$M_{din} \approx 3M_{st},$$

где M_p – момент при включении; M_{st} – стационарный момент; M_{din} – динамичный момент; I_{redus} – инерционный массовый момент; ε – угловое ускорение.

Таким образом, у двигателя номинальная мощность получается намного больше (почти в четыре раза), чем мощность, необходимая в стабилизированном рабочем режиме (после включения). В итоге КПД электродвигателя является оптимальным только при включении (7-10 с), после которого в стабилизированном рабочем режиме (дни, месяцы), двигатель не работает на полную мощность продолжая потреблять большое количество энергетических ресурсов (по отношению к единице развитой мощности).

Для повышения КПД в стационарном режиме необходимо, чтобы разность между M_{din} и M_{st} была минимальной. Это реализуется понижением углового ускорения ε при включении двигателя или инерционного массового момента I_{redus}, или сразу обоих. При понижении только углового ускорения ε возможно использование элекродвигателей с повышенными скольжением и моментом при включении (рис.7).

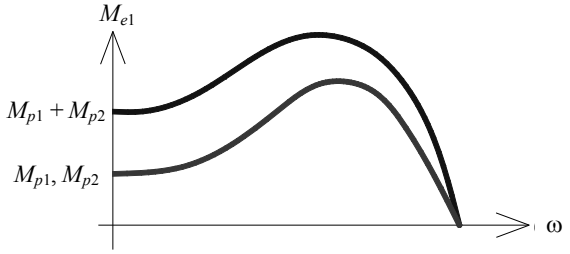


Рис.9. Вариант с двумя одинаковыми двигателями

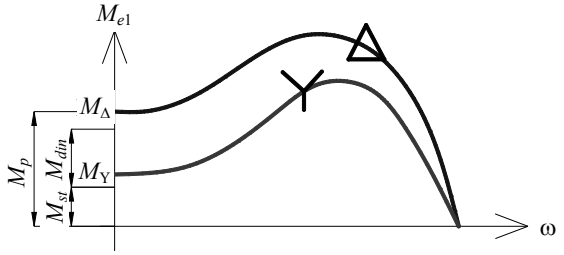


Рис.10. Характеристика двигателя при подключении Δ–Y

В данном случае необходимы большие финансовые затраты.

Понижение I_{redus} возможно только при создании механического сцепления. Но при этом необходим оператор в непосредственной близости от насоса, что повышает затраты в эксплуатации.

Понижение обоих факторов (I_{redus}, ε) возможно при введении турбосцепления (гидросцепления) между двигателем и насосной установкой (рис.8).

Необходимо отметить, что использование турбосцепления является оптимальным только в очень узкой области значений. Кроме того, при расплавлении плавкой втулки теряется энергетическая связь между двигателем и насосной установкой. Затем двигатель работает вхолостую долгое время, что приводит к большим финансовым потерям.

Если нерентабильно понижение ε и I_{redus}, то возможны еще два случая:

• использование двух одинаковых двигателей для включения и дальнейшее отключение одного из них в стабилизированном режиме. Метод является дорогим (рис.9);

• включение электродвигателя при подключении методом типа треугольник (Δ) и при стабилизированном режиме возвращение его в подключение типа звезда (Y); не путать с методом подключения Y-Δ (рис.10).

Для реализации метода необходимы финансовые вложения, которые окупаются в течении 30-40 дней при работе в экономичном стабилизированном режиме.

При экспериментальных исследованиях, проведенных в Университете нефти и газа Плоешти, а также на нефтяных месторождениях в течение трех месяцев, выявлено значительное уменьшение расхода электроэнергии (E = 19-20 %).

Можно сделать вывод, что наиболее экономичным решением, не требующим приобретения других двигателей или трансмиссий, является метод адаптации современных силовых двигателей, которые работают только при подключении типа треугольник Δ, к методу работы Δ-Y.

Выводы

Уменьшение энергетических и финансовых затрат при разработке месторождений по схеме бурение – добыча может быть реализовано при:

• синхронизации работы двигателей, действующих на буровых установках;

• восстановлении энергии при введении бурильных труб в скважину;

• уравновешивании насосных установок;

• применении метода работы электродвигателя при подключении Δ-Y;

• адаптацим метода подключения только в Δ к методу Δ-Y.

Применение представленных в работе решений приведет к снижению затрат по бурению и добыче и к снижению цен на нефтепродукты.

ЛИТЕРАТУРА

Popovici, A. ş.a. Calculul şi construcţia utilajului pentru forajul sondelor de petrol. Ed. Universităţii din Ploieşti, 2005.

Calotă, N. Acţionarea cu motoare termice a instalaţiilor petroliere. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1988.