

DOI 10.25689/NP.2018.1.115-123

УДК 621.311.22:551.23

**К ВОПРОСУ О ПУТЯХ УТИЛИЗАЦИИ ПЕТРОТЕРМАЛЬНОЙ
ЭНЕРГИИ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ С НЕВЫСОКИМ
ГЕОТЕРМИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРОДУКТИВНЫХ
ГОРИЗОНТОВ**

¹Гуторов Ю.А., ²Габдрахманова К.Ф.

¹РКНТЦ «Нефтяная долина», ²Октябрьский филиал УГНТУ

**ON WAYS OF PETROTHERMAL ENERGY UTILIZATION IN OIL
PRODUCING REGIONS WITH LOW GEOTHERMAL POTENTIAL OF
FORMATIONS**

¹Gutorov U.A., ²Gabdrakhmanova K.F.

¹RKNTC Neftyanaya Dolina,

²Ufa State Oil Technical University - Oktyabrsky Branch

E-mail: gutorov70@mail.ru

Аннотация: В статье обсуждается вопрос о возможности экономии энергоресурсов, при эксплуатации нефтяных месторождений, находящихся в регионах с невысоким геотермическим потенциалом объектов разработки, характеризующихся геотермическим термоградиентом не более 2-2,5°/100 м. К ним относятся, в первую очередь, Башкирия, Татария, Удмуртия и др. Показано, что поставленную проблему можно решить на основе комплексного подхода, сочетая утилизацию низкотемпературной геотермальной энергии, содержащейся в добываемой продукции, с помощью термоэлектрических элементов с утилизацией гидрокинетической энергии, нагнетаемой в пласт воды через систему ППД с помощью гидроэлектротурбины.

Ключевые слова: петротермальная энергия, геотермический градиент, гидрокинетическая энергия, термоэлектрические элементы, гидроэлектрическая турбина.

Abstract. This paper discusses possibilities for energy saving during oil field development in regions with low geothermal potential of producing formations where rock temperature gradient is maximum 2-2.5°/100 m. These regions include Bashkortostan, Tatarstan, Udmurtia, and others. An integrated approach to solving this problem involves utilization of low-temperature geothermal energy of the produced fluids using thermoelectric elements along with utilization of hydrokinetic energy of the injected water using hydroelectric turbines.

Key words: petrothermal energy, rock temperature gradient, hydrokinetic energy, thermoelectric elements, hydroelectric turbine

Утилизации петротермальной энергии, как нетрадиционному и, практически, неиссякаемому природному источнику тепловой энергии, которая при определенных условиях может быть преобразована в электрическую энергию, во многих странах, в последние годы, уделяется все большее внимание. Однако, как показала практика, освоение этого вида энергии, ее эффективная утилизация с преобразованием в электрическую энергию, зависит от многих факторов, среди которых наиболее значимым является диапазон пластовой температуры на забое скважин, себестоимость их строительства, которых не превышает определенного предела, обеспечивающего окупаемость понесенных на нее затрат.

Исследователями установлено [1], что рентабельность преобразования тепловой энергии недр прямо пропорциональна их температуре и обратно пропорциональна их глубине, на что оказывает

существенное влияние геотермический градиент, который меняется от региона к региону в широких пределах [2], что сказывается на экономической эффективности процесса ее утилизации.

Нас в первую очередь, интересует проблема утилизации тепловой энергии в регионах с невысоким геотермическим потенциалом, который характеризуется геотермическим градиентом $2-2,5^{\circ}/100$ м, поскольку они охватывают достаточно обширные нефтедобывающие территории Урало-Поволжского региона (Башкирия, Татария, Удмуртия и др.), которые находятся на завершающей стадии эксплуатации месторождений, сопровождаемой неуклонным ростом себестоимости добываемой продукции.

Расчеты показали [3], что при средней глубине эксплуатационных скважин в этом регионе до 2200 м, предельная температура на забое составляет не более $45-50^{\circ}\text{C}$, что при транспортировке пластовой жидкости на дневную поверхность с этой глубины позволяет с учетом потерь получить не более $30-35^{\circ}\text{C}$, чего явно недостаточно для выработки достаточно высокой электрической мощности.

В качестве способа решения проблемы повышения рентабельности, эксплуатации скважин в условиях низкой окупаемости затрат, мы предлагаем вариант комплексного решения проблемы путем использования (утилизации) не только петротермальной (тепловой) энергии недр, но также и гидрокинетической энергии пластовых вод, нагнетаемых в скважины через систему ППД.

Известно [4], что для подъема на поверхность пластового флюида при эксплуатации нефтегазовых скважин на завершающей стадии разработки, когда пластовое давление ниже гидростатического, широко применяются глубинно-насосное оборудование (УШГН и УЭЦН) потребляющее значительные объемы электроэнергии для питания его электроприводов.

Поскольку, как правило, рентабельность эксплуатации нефтегазовых скважин на завершающей стадии разработки является низкой, то нефтедобывающее предприятия широко практикуют мероприятия, обеспечивающие экономию электропотребления ГНО.

К ним в первую очередь относится использование электроприводов с частотнорегулируемым управлением. Которые позволяют изменять производительность ГНО в зависимости от изменения продуктивности эксплуатируемых пластов.

Также для экономии электропотребления практикуется применение режима периодической эксплуатации ГНО в то время суток, когда тарифы на оплату электроэнергии являются наиболее низкими.

В тех случаях, когда газовый фактор добываемой продукции является достаточно высокими ($\geq 80-100 \text{ м}^3/\text{т}$), то практикуется использование попутного газа для питания электрогазотурбинных генераторов вырабатывающих электропитание для ГНО непосредственно на эксплуатационной скважине. Однако такой способ утилизации попутного газа на поздней стадии разработки является практически не приемлемым, т.к. в этом случае он является крайне низким для его реализации.

Что касается первых двух из названных способов экономии электроэнергии, то можно сказать, что частотно-регулируемый привод является достаточно дорогостоящим оборудованием, имеющим длительный срок окупаемости, а использование ГНО в то время суток, когда тарифы на электроэнергию являются наиболее низкими, не всегда себя оправдывает экономически из-за большой вероятности снижения темпов отбора добываемой продукции в течении времени суток, когда тарифы являются более высокими.

Для более надежной экономии электроэнергии независимо от времени суток и темпа отбора добываемой продукции и величины газового

фактора мы предлагаем оборудовать нагнетательную линию, очаговой нагнетательной скважины устройством включающим в свой состав гидротурбинный электрогенератор утилизирующий кинетическую энергию пластовой воды., транспортируемой по водоводам с поверхности в пласт для поддержания неизменным пластового давления с помощью наземных кустовых насосных установок (КНС и БКНС).

В то же время эксплуатационные (реагирующие) скважины оборудуются на устье термоэлектрогенераторами, преобразующими тепловую энергию пластового флюида в электрическую.

Применение подобных устройств позволит снизить затраты электроэнергии для питания электропривода ГНО и других потребителей электроэнергии на скважине.

Рассмотрим компоновку оборудования для утилизации кинетической и тепловой энергии содержащейся в жидкости, как транспортируемой в пласт, так и отбираемой из него, на примере пятиточечной эксплуатационной ячейки являющейся основным составным элементом системы разработки большинства нефтяных месторождений (рис.1) [4].

Пятиточечная эксплуатационная ячейка включает в свой состав четыре эксплуатационные скважины 1, расположенные по углам равностороннего четырехугольника и нагнетательную (очаговую) скважину 2, расположенную в его центре. Электропитание и управление ГНО (УШГН, УЭЦН на рис.1 не показаны), осуществляется с помощью шкафа управления 3, электропитание к которому подается по силовой промышленной линии 4 (380 В). Закачиваемая в пласт вода подается на нагнетательную скважину 2 по водоводу 5 с кустовой насосной станции (на рис.1 не показана). Отводится, добытая через эксплуатационные скважины 1, продукция (нефть) с помощью сборного коллектора 6. Устье на нагнетательной скважины 2 оборудовано гидроэлектрической турбиной 7, через которую проходит жидкость нагнетаемая по водоводу 5 в нагнетательную скважину 2.

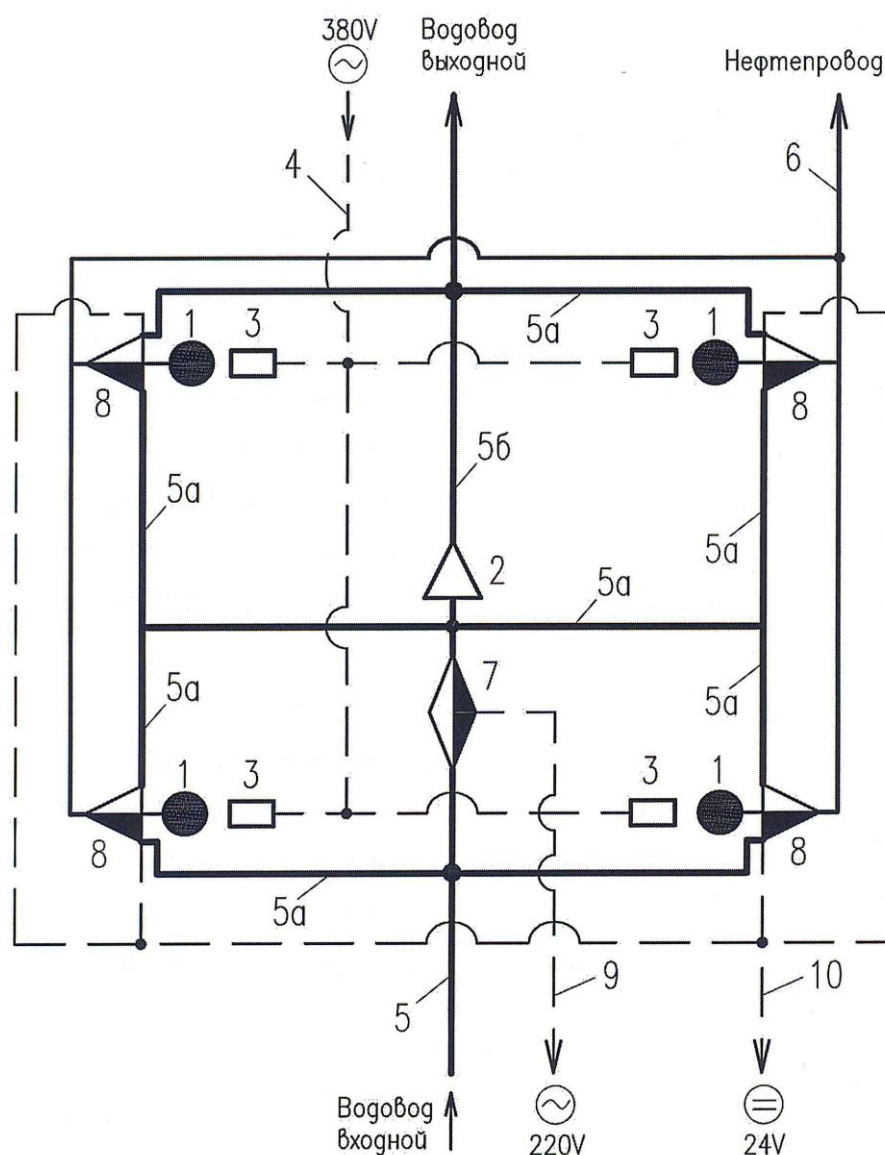


Рис. 1. Схема оснащения пятиточечной промышленной ячейки оборудованием для утилизации геотермальной и гидрокинетической энергии.

Обозначения: 1-эксплуатационные скважины; 2-нагнетательная скважина; 3-шкаф управления ГНО; 4-силовая линия ~380V; 5-водовод; 6-нефтепровод сборный; 7-гидроэлектротурбина; 8-термоэлектрические модули; 9-силовая линия~220V; 10-силовая линия=24V.

Устье эксплуатационных скважин 1 оборудовано термоэлектрическими модулями 8, содержащими в своей конструкции теплообменники (на рис.1 не показаны), через которые проходит поступающий из скважин 1 пластовый флюид, имеющий температуру выше наземной, и с другой стороны в них поступает вода из системы ППД подводимая по специальным наземным водоводам меньшего диаметра 5а.

Вырабатываемая гидроэлектрической турбиной электроэнергия напряжением до 220 В отводится по силовой линии 9 и через трансформатор (на рис.1 не показан) поступает в промышленную сеть промысла, а электроэнергия вырабатываемая термоэлектрическими модулями 8 напряжением до 24 В постоянного тока суммируется со всех ТЭМов 8 и направляется по линии 10 на питание телесистемы АСУ-ТП (на рис.1 не показана), которая используется для автоматического управления режимом работы ГНО и КНС системы ППД.

Работает предлагаемое устройство комплексной утилизации кинетической и тепловой энергии генерируемой в процессе эксплуатации отдельной промысловой ячейки следующим образом (см. рис.1).

Питание ГНО (на рис.1 не показано) расположенного в эксплуатационных скважинах 1 осуществляется по основной силовой линии 4 через соответствующие шкафы управления 3. Нагнетание в пласт воды осуществляется через очаговую скважину 2, в которую она подается по входной линии 5б на следующую промысловую ячейку (на рис.1 не показана). На устье очаговой скважины 2 в входной водоводе 5 вмонтирована гидроэлектротурбина 7, которая приводится в движении кинетической энергией движущейся по водоводу 5 пластовой воды и преобразует ее в электрическую энергию переменного тока напряжением до 220 В, которая отводится от нее по силовой линии 9 для последующего потребления.

На выкидных линиях 6 каждой эксплуатационной скважины 1 смонтированы термоэлектрические источники тока 8, которые преобразуют разницу в температуре между пластовой жидкостью добываемой из скважины 1 и водой закачиваемой в очаговую скважину 2, либо температурой заглубленной в грунт выкидной линии теплообменника (на рис.1 не показан).

Электрическая энергия вырабатываемая каждым термоэлектрическим преобразователем 8 в виде постоянного тока напряжением до 24 В

суммируется с помощью силовой линии 10 и направляется для последующего потребления в телесистему АСУ-ТП.

Выводы:

1. Утилизация низкотемпературной геотермальной энергии в нефтедобывающих регионах, находящихся на поздней стадии разработки путем ее преобразования в электрическую, является экономически не выгодной.
2. Повысить экономическую рентабельность утилизации низкотемпературной геотермальной энергии можно за счет ее сочетания с утилизацией гидрокинетической энергии воды, нагнетаемой через систему ППД.
3. Утилизацию низкотемпературной геотермальной энергии можно осуществлять с помощью термоэлектрических элементов устанавливаемых на выкидной линии эксплуатационных скважин, расположенных вблизи нагнетательной скважины, а утилизацию гидрокинетической энергии, нагнетаемой через нее в пласт воды, можно осуществлять с помощью гидроэлектротурбины, устанавливаемой внутри нагнетательной линии (водовода).

Список литературы.

1. Гейман Л.М. Разработка инженерно-информационных основ изучения эволюции научно-технического освоения недр Земли// Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 7.00.10-«История науки и техники» М., 1989 г., Московский Горный Институт.
2. Яковлев Б.А. Прогнозирование нефте-газоносности недр по данным геотермии// М., Недра, 1996 г., 240 с.
3. Яковлев Б.А., Липаев А.А., Сингатуллин М.Р. Экспериментальное исследование тепловых свойств горных пород в различных термодинамических условиях// Ж. Нефтяное хозяйство, М., 1983 г., №5, с. 43-45.
4. Гиматудинов Ш.К. Справочная книга по добычи нефти//М., Недра, 1974г., 704 с.

Сведения об авторах

Гуторов Юрий Андреевич, доктор технических наук, руководитель департамента анализа и НИР в области ТЭК, региональный координационный научно-технический центр «Нефтяная долина», академик РАЕН, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация

E-mail: gutorov70@mail.ru

Габдрахманова Клара Фаткуллиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационных технологий, математических и естественных наук», Октябрьский филиал УГНТУ, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация

E-mail: klara47@mail.ru.

Authors

Gutorov U.A., Dr.Sc, Head of Research and Analysis in Fuel and Energy Complex, Regional R&D center Neftyanaya Dolina, member of RANS, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation

E-mail: gutorov70@mail.ru

Gabdrakhmanova K.F., PhD, Assistant Professor in Information Technologies, Mathematics and Science, Ufa State Oil Technical University – Oktyabrsky Branch, Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russian Federation

E-mail: klara47@mail.ru

Гуторов Юлий Андреевич

452600, Российская Федерация, Республика Башкортостан,

г.Октябрьский, ул. Северная, 21

тел. 8 927 342 46 39

E-mail: gutorov70@mail.ru