
ЖЫЛУ ФИЗИКАСЫ ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖЫЛУ ТЕХНИКАСЫ ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

УДК 621.7

К.Кусаиынов, Г.А.Жуандыкова, Б.А.Ахмадиев, Н.Н.Шуюшбаева, Ж.А.Кужуханова

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: nn_shuish@mail.ru)

Разработка электрогидроимпульсной технологии бурения скважин для установки теплосъемных элементов тепловых насосов

Целью исследования является разработка научно-практических основ внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий для тепло- и хладоснабжения жилых, общественных и производственных помещений на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Одним из эффективных методов получения тепла и грунтовых вод в теплонасосных технологиях является использование скважин для укрепления теплообменных элементов, получаемых путем бурения. Принципиально новым инновационным способом создания скважин является электрогидравлическое бурение. При электрогидравлическом бурении электрическая энергия непосредственно в забое переходит в механическую энергию ударных волн, которые способны разрушать горные породы. В данной работе описаны результаты исследования электрогидроимпульсного воздействия на твердые и сверхтвердые горные минералы.

Ключевые слова: теплонасос, теплообменник, скважина, электрогидравлическое бурение.

Одним из энергоэффективных методов является получение тепловой энергии с использованием теплонасосной технологии, которая дает возможность с целью энергосбережения использовать: грунтовую теплоту, подземные воды, водоёмы, природные водные потоки и т.д. [1]. Экологический эффект от использования этой технологии состоит в том, что она позволяет полностью избежать местных выбросов парниковых газов, образующихся при сжигании топлива. Поэтому замена старых котлов, использующих газ или жидкое топливо, на системы, в основе действия которых лежит тепловой насос, ставится приоритетной и актуальной задачей. Ее решение позволит не только сократить потребление ископаемого топлива, но и значительно снизить выбросы в атмосферу диоксида углерода.

Тепловые насосы — это компактные, экономичные и экологически чистые системы отопления, позволяющие получать тепло для горячего водоснабжения и отопления коттеджей за счет использования тепла низкопотенциального источника путем переноса его к теплоносителю с более высокой температурой.

К преимуществам тепловых насосов можно отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·час тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2–0,35 кВт·час электроэнергии. Так как преобразование тепловой энергии в электрическую на крупных электростанциях происходит с КПД до 50%, эффективность использования топлива при применении тепловых насосов повышается. Еще одним преимуществом тепловых насосов является возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом, просто вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фен-койлы, или системы «холодный потолок».

Основным теплообменным элементом системы сбора низкопотенциального тепла грунта являются вертикальные грунтовые теплообменники коаксиального типа, которые располагаются снаружи по периметру здания. Эти теплообменники установлены в скважинах глубиной от 32 до 35 м каждая, устроенных вблизи строения [2].

В настоящее время имеется много видов бурильных установок, которые широко используются на территории Казахстана [3, 4].

Широко применяемые ныне механические шнековые технологии бурения скважин более эффективны в условиях мягкого грунта, при отсутствии твердых пород и каменных плит. Бурение на глубину до 25 метров, при диаметре скважины до полуметра, при наличии указанных выше препятствий может быть затруднительным.

Электрогидравлическое бурение является принципиально новым способом и еще не нашло промышленного применения. Задача исследования и практического внедрения данной технологии на сегодняшний день остается актуальной.

Уникальным преимуществом данной новой технологии являются:

- возможность проведения работ в условиях ограниченного пространственного объема (построенные здания, крытые помещения, подвалы и т.п.), что является практически невозможным при использовании традиционных методов бурения вследствие громоздкости оборудования;
- долговременная надежная работа за счет отсутствия трущихся и изнашивающихся частей установки;
- простота в эксплуатации и обслуживании, что обеспечивается применением в качестве активной части широкодоступного кабеля — электрода, — являющегося расходным материалом;
- малое энергопотребление и экологическая чистота проведения работ.

Данная технология по сравнению с традиционными позволяет более эффективно и в краткие сроки разрушать препятствия в виде твердых пород при бурении скважин теплообменников путем воздействия ударными волнами при высоковольтных разрядах в водной среде.

Электрогидравлический эффект представляет собой высоковольтный электрический разряд в жидкой среде. При формировании электрического разряда в жидкости выделение энергии происходит в течение достаточно короткого промежутка времени. Мощный высоковольтный электрический импульс с крутым передним фронтом вызывает различные физические явления, такие как появление сверхвысоких импульсных гидравлических давлений, электромагнитное излучение в широком спектре частот, вплоть до рентгеновского, кавитационные явления [5, 6]. Электрогидроимпульсные явления как физическая основа различных электротехнологий достаточно хорошо изучены [7–10].

Для формирования импульса с коротким передним фронтом напряжения, прикладываемого к разрядному промежутку в жидкости, использовали разрядный промежуток в газе — газовый разрядник, а для формирования определенной энергии импульса — накопительный электрический конденсатор. Нами были разработаны и практически реализованы электрогидравлическая установка и рабочая ячейка для бурения (рис. 1).

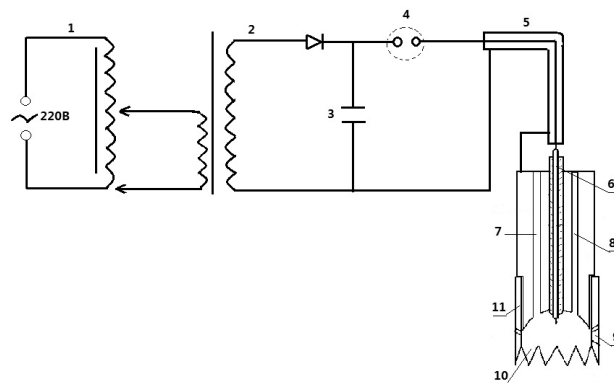


Рисунок 1. Схема электрогидравлической установки и электрогидравлического бора

Установка состоит из источника питания (1), высоковольтного генератора (2), импульсного конденсатора (3), разрядника (4), коаксиального кабеля – электрода (5) и электрогидравлического бора, имеющего в своей конструкции центральный электрод (6), (7) и (8) — каналы для подачи промывочной жидкости, (9) — отверстие в коронке бора для выхода газов, (10) — зубцы коронки, (11) — коронка бора.

Внешний вид электрогидравлического бура показан на фотографии (рис. 2).



Рисунок 2. Внешний вид электрогидравлического бура

Установка работает следующим образом. Импульсный конденсатор (3) заряжается от высоковольтного генератора (2), питаемого из регулируемого источника тока (1). При достижении заданного напряжения происходит пробой разрядника (4), и вся запасенная энергия в конденсаторе через кабель — электрод передается в рабочий промежуток электрогидравлического бура. Происходит импульсный электрический разряд в жидкости, являющийся источником мощных механических ударных волн, которые, отражаясь от коронки бура, сфокусированно воздействуют на обрабатываемую горную породу, тем самым разрушают ее на мелкие куски.

В результате экспериментального исследования определены оптимальные значения времени и количества искровых разрядов при электрогидравлическом бурении камней, определено время, при котором в процессе бурения происходит разрушение камней и твердых горных пород.

Объектами электрогидроимпульсной обработки являлись твердые горные породы в виде природных камней. Природный камень — весьма разнообразный по своей структуре материал, нередко сложенный из различных минералов, часто в процессе образования и последующего залегания в земной коре подвергающийся значительным напряжениям [11]. В эксперименте были использованы природные камни, твердость которых составляет 5–6 единиц по шкале Мооса.

Фотографии образцов обрабатываемых природных камней приведены на рисунке 3.



Рисунок 3. Фотографии образцов природных камней

В результате интенсивной электрогидроимпульсной обработки природных камней указанные образцы были разрушены на мелкие куски (см. фотографии на рис. 4).

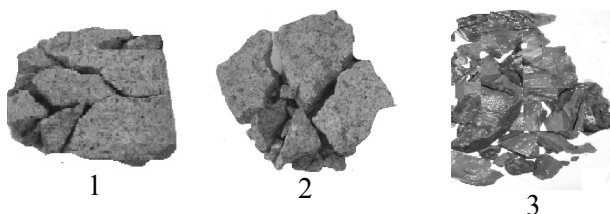


Рисунок 4. Фотографии образцов природных камней после электрогидроимпульсной обработки

При проведении экспериментов электрофизические параметры установки изменялись в следующих пределах:

$$U_{\text{выс}} = 20 \div 35 \text{ кВ},$$
$$C_{\text{кон}} = 1 \text{ мкФ},$$

$$l_{\text{разряд}} = 7 \div 12 \text{ мм},$$

$$L_{\text{раб}} = 25 \div 35 \text{ мм}.$$

При этом энергия разряда в рабочем промежутке изменялась:

$$E = 250 \div 620 \text{ Дж}$$

В экспериментах обрабатываемые природные камни имели среднюю толщину от 42 мм до 80 мм.

Эксперименты проводились следующим образом. На поверхности камня, находящегося в баке с водой, устанавливался электрогидравлический бур. После включения установки определялось количество разрядов до процесса разрушения.

Полученный график зависимости количества разрядов от толщины камня при разных значениях энергии представлен на рисунке 5 (а и б).

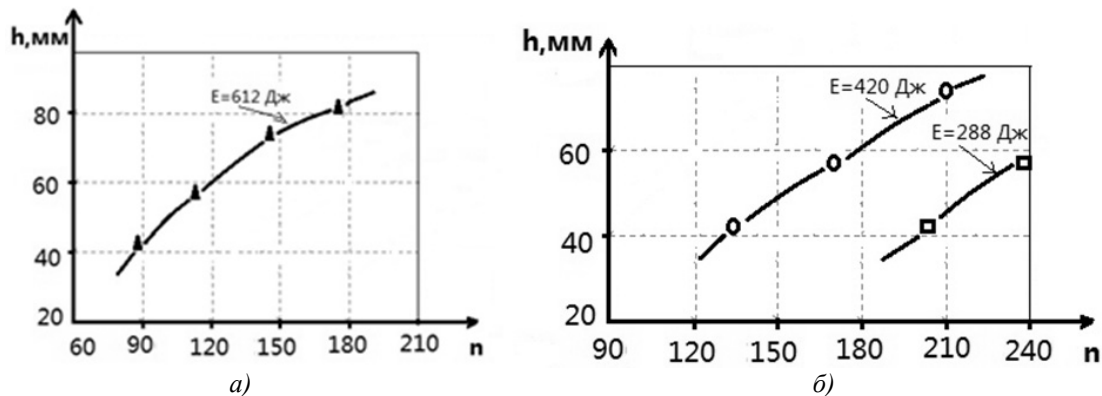


Рисунок 5. График зависимости процесса разрушения камня заданной толщины от качества электрогидравлических импульсов

Видно, что при энергии разряда порядка 288 Джоулей возможно разрушение камня до толщины 55–60 мм. Количество импульсов составляет 230 имп, с увеличением энергии разряда толщины разрушаемых камней возрастает, при этом количество импульсов, необходимых для разрушения, уменьшается. Например, при энергии разряда порядка 612 Дж возможно разрушение камней толщиной 80 мм, при этом требуется меньшее количество импульсов — порядка 170 имп.

На основании экспериментальных исследований установлены границы электрофизических параметров метода, где начинается интенсивное разрушение твердых горных пород — природных камней.

Установлены количественные зависимости, характеризующие начало процесса разрушения пород разной толщины, в зависимости от количества и энергии разрядов.

Опытными работами доказана возможность достижения более высокой скорости бурения, чем на традиционно используемых установках. Электроимпульсное разрушение является бездолотным. Оно не требует специального прижатия электродов к забою со значительным усилием, а потому износ электродов при электрогидроимпульсном бурении сравнительно мал.

Список литературы

- 1 Энергетическая стратегия Республики Казахстан на период 2004–2015. — Астана.
- 2 Васильев Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии грунта поверхностных слоев Земли для теплообеспечения здания. — Теплоэнергетика. — 1994. — № 2. — С. 31–35.
- 3 Бондарь Е.С., Калугин П.В. Тепловой насос — энергетически эффективная составляющая систем кондиционирования воздуха // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2008. — № 5.
- 4 Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы. — М.: Энергоиздат, 1982. — С. 224.
- 5 Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. — М.: Машгиз, 1955. — С. 51.
- 6 Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. — Л.: Машиностроение, 1986. — С. 253.

7 Кусаиынов К., Сакипова С.Е., Нусупбеков Б.Р., Турдыбеков К.М., Кужуханова Ж.А. Разработка электрогидроимпульсной технологии создания теплообменников для использования теплоты грунта на малых глубинах. Промышленная теплотехника // Международный научно-прикладной журнал. — 2012. — Т. 34. — № 7. — С. 32–33.

8 Кусаиынов К., Nusupbekov B.R., Shaimerdenova G.M., Bulkairova G.A. Electroimpulse Grinding And Reduction Of Natural Minerals. Eurasian Physical Technical Journal. 2009. — Vol. 6. — № 2 (12). — P. 60–64.

9 Кусаиынов К., Байкенов М.И., Нусупбеков Б.Р., Сатыбалдин А.Ж. Влияние электрогидроимпульсного воздействия на физико-химические свойства высоковязкого углеводородного сырья. Химия и химическая технология: Материалы I-й междунар. Российско-Казахстанской конф. (26–29 апр. 2011 г.) / НИТПУ. — Томск, 2011. — С. 534–537.

10 Кусаиынов К., Нусупбеков Б.Р., Шаймерденова Г.М., Булкайрова Г.А. Влияния электрофизических параметров электрогидроимпульсной установки на степень очистки насосно-компрессорных труб // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. — 2011. — № 2 (13). — С. 53–56.

11 The Mohs Mineral Hardness Scale. By Andrew Alden. About.com: Geology. Электронный ресурс, 2010

Қ.Құсайынов, Г.А.Жуандықова, Б.А.Ахмадиев, Н.Н.Шуюшбаева, Ж.А.Кужуханова

Жылу сорғыларындағы жылу сорғыш элементтерін орналастыру үшін ұңғыларды бұрғылаудың электрогидроимпульстік технологиясын жасау

Зерттеу мақсаты болып дәстүрлі емес және жанартылған энергетика көздерін пайдаланып, қоғамдық және өндіріс орындарын, тұрғын үйлерді жылу және суытумен қамтамасыз етуде энергия үнемдегіш жылу сорғылары технологиясын ендірудің ғылыми-практикалық негіздерін жасау табылады. Жылу сорғылары технологиясы негізінде жер қойнауынан алынатын жылу мен жер асты суларын пайдаланудағы ең тиімді әдістердің бірі — бұрғылау арқылы жылуалмастырғыш элементтерін бекітуге арналған ұңғымаларды қолдану болып есептеледі. Ұңғымаларды жасауда электрогидравликалық бұрғылау әдісі жаңа инновациялық әдіс болып саналады. Бұл кезде электр энергиясы бұрғылайтын жерде тікелей соққы толқындарының механикалық энергиясын айналып, тау жыныстарын бұзуға қабілеттілікке ие болады. Мақалада қатты және өте қатты тау минералдарына электрогидроимпульстік ықпалды зерттеу нәтижелері келтірілген.

K.Kussaiynov, G.A.Zhuandykova, B.A.Akhmadiyev, N.N.Shuyushbayeva, Zh.A.Kuzhukhanova

Development of electro-hydraulic pulse technology of drilling wells for installation of heat exchange elements of heat pumps

The aim of the study is to develop scientific and practical principles of implementation of energy saving heat pump technology for heat and cold supply to residential, public and industrial premises on the basis of alternative and renewable sources of energy. One of the effective methods to generate heat from groundwater by means of heat pump technology is the use of wells for consolidation of heat exchange elements produced by drilling. Fundamentally new innovative method of making wells is electro-hydraulic drilling. When electro-hydraulic drilling electrical energy directly in the bottomhole transforms into mechanical energy of shock waves that can break up rocks. This paper describes the results of studies of the impact of electro-hydraulic pulse on hard and superhard rock minerals.

References

- 1 *Energy Strategy of the Republic of Kazakhstan for 2004–2015*, Astana.
- 2 Vasiliyev G.P. *Use of low-grade heat of the ground of surface layers of the Earth for heat and cold supply in buildings*. Heat and power engineering, (2), 1994, p. 31–35.
- 3 Bondar Ye.S., Kalugin P.V. *Heat pump as an energy efficient component of air conditioning systems*. Electronic journal of energy service company «Ecosystems», 2008 (5).
- 4 Ray D., McMichael D. *Heat pumps*. Energoizdat, 1982, 224 p.
- 5 Yutkin L.A. *Electro-hydraulic effect*. Mashgiz, 1955, p. 51.
- 6 Yutkin L.A. *Electro-hydraulic effect and its application in industry*, L.: Mashinostroenie, 1986, p. 253.
- 7 Kusaïynov K., Sakipova S.Ye., Nusupbekov B.R., Turdybekov K.M., Kuzhuhanova J.A. *Electric hydro-pulse development technology of heat exchangers production for using ground heat at shallow depths*. Industrial Heat Engineering. — International Scientific and Applied Journal, 2012, vol. 34, (7), p. 32–33.
- 8 Kusaïynov K., Nusupbekov B.R., Shaimerdenova G.M., Bulkairova G.A. *Electroimpulse Grinding And Reduction Of Natural Minerals*. Eurasian Physical Technical Journal, 2009, vol. 6, № 2 (12), p. 60–64.

9 Kusaiynov K. Baikenov M.I., Nusupbekov B.R., Satybaldin A.J. *Influence electrohydroimpulse impact on the physical and chemical properties of highly viscous hydrocarbons*. Chemistry and Chemical Engineering: Materials I-th International Conference of the Russian-Kazakhstan. (26–29 April 2011) / NITPU., Tomsk, 2011, p. 534–537.

10 Kusaiynov K. Nusupbekov B.R., Shaimerdenova G.M., Bulkairova G.A. *Influence of electrical parameters electrohydropulse installation purification tubing*. Vestnik Almaty University of Energy and Communications, 2011, № 2 (13), p. 53–56.

11 The Mohs Mineral Hardness Scale. By Andrew Alden. About.com: Geology. Electronic resource, 2010.