

К.Кусаинов, Н.Н.Шуюшбаева, Б.А.Ахмадиев, Ж.А.Кужуханова

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

Энергоэффективность электрогидравлического бура при создании скважин для теплообменных аппаратов

В статье отмечено, что 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 природные минералы.

Ключевые слова: теплонасос, теплообменник, скважина, электрогидравлический бур.

Разработка научно-практических основ внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий для тепло- и хладоснабжения жилых, общественных и производственных помещений на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на сегодняшний день является актуальной задачей [1].

Источником теплоты для теплового насоса, используемого для отопления, могут быть воздух, вода и грунт. Приемником теплоты является отапливаемое помещение. Если температура источника теплоты изменяется, то эффективность теплового насоса также изменяется. Таким образом, при использовании теплового насоса можно получить полезного тепла больше, чем содержится в затраченном на его производство топливе, что может обусловить значительный экономический эффект.

Для небольшого теплового насоса мощностью около 10 кВт, который может использоваться для индивидуальных домов, требуется расход подземного потока около 1–2 м³/ч. Для этого используется теплообменник. Теплообменники могут быть расположены горизонтально или вертикально.

Горизонтальный грунтовой теплообменник устраивается, как правило, рядом с домом на небольшой глубине. Использование горизонтальных грунтовых теплообменников ограничено размерами имеющейся площадки.

Вертикальные грунтовые теплообменники позволяют использовать низкопотенциальную тепловую энергию грунтового массива, лежащего ниже «нейтральной зоны» (10–20 м от уровня земли). Системы с вертикальным грунтовым теплообменником не требуют участков большой площади и не зависят от интенсивности солнечной радиации, падающей на поверхность. Вертикальный грунтовой теплообменник эффективно работает практически во всех видах геологических сред, за исключением грунтов с низкой теплопроводностью, например, сухого песка или сухого гравия. Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками получили очень широкое распространение.

Теплообменник теплового насоса устанавливается в скважинах для использования тепла грунта и грунтовых вод. Широко используемый метод получения скважин, каналов — бурение. В настоящее время имеется много видов бурильных установок, которые широко используются на территории Казахстана. Существующие ныне технологии бурения скважин теплообменников 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 [2].

Потребность в развитии новой техники, новых высокоэффективных технологических процессов и оборудования, средств механизации и автоматизации привела к исследованию и разработке целого ряда новых методов разрушения твердых тел при бурении, основанных на различных физических принципах. Одним из самых перспективных оказался электрогидроимпульсный метод бурения, сущность которого заключается в разрушающем действии электрических импульсных разрядов в твердых непроводящих и полупроводящих телах.

Настоящая работа посвящена новому инновационному способу создания скважин методом электрогидроимпульсного бурения, в основе которого лежит уникальное явление — способ прямого пре-

образования электрической энергии в забое скважины в механическую энергию ударных волн, эффективно разрушающих горные породы [3].

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

Основные преимущества предлагаемой технологии: возможность проведения работ в условиях ограниченного пространственного объема, долговременная надежная работа за счет отсутствия трущихся и изнашивающихся частей установки и простота в эксплуатации и обслуживании, что обеспечивается применением в качестве активной части кабеля-электрода, являющегося единственным расходным материалом.

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

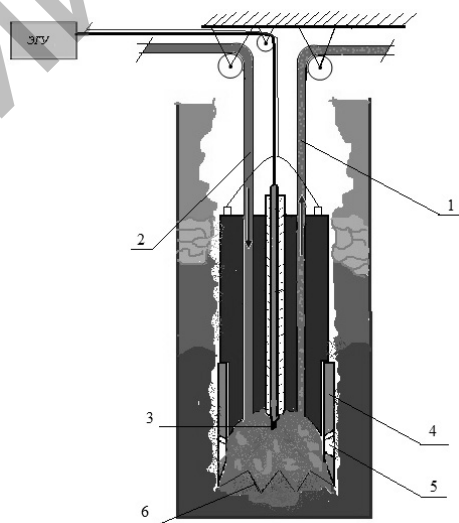
Для формирования импульса с коротким передним фронтом напряжения, прикладываемого к разрядному промежутку в жидкости, использовали разрядный промежуток в воздухе — воздушный разрядник, а для формирования определенной энергии импульса — накопительный электрический конденсатор. Нами были разработаны и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

Установка состоит из источника питания, высоковольтного генератора, импульсного конденсатора, разрядника, коаксиального кабеля-электрода и электрогидравлического бура, имеющего в своей конструкции центральный электрод, каналы для подачи промывочной жидкости, отверстие в коронке бура для выхода газов, зубцы коронки и коронку бура.

Рисунок ячейки для бурения показан на рисунке 2.



Рисунок 1. Фотоснимок общего вида электрогидравлической установки бурения скважин



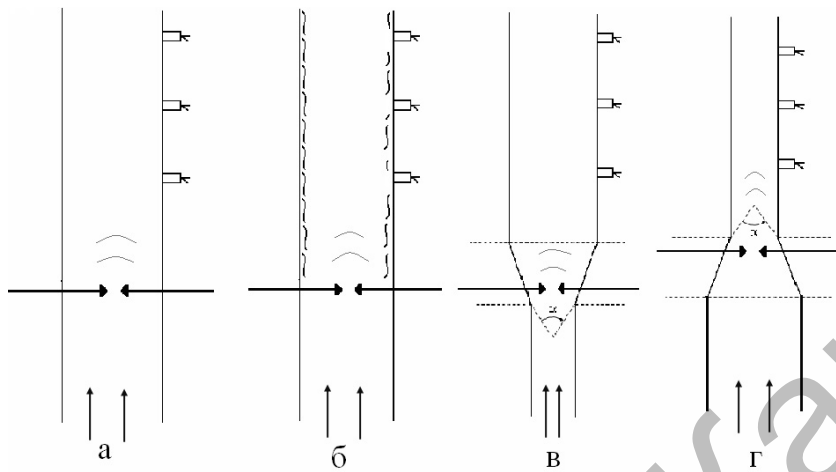
1 и 2 — каналы для подачи промывочной жидкости; 3 — центральный электрод; 4 — коронка бура; 5 — отверстие в коронке бура для выхода газов; 6 — зубцы коронки

Рисунок 2. Ячейка для бурения

В силу специфики технологии бурения скважин теплообменников их внутренний диаметр не может оставаться постоянным по глубине, характеризуясь чередованием участков сужения и расширения. При этом по сравнению с каналом постоянного сечения распределение давления ударной волны вдоль скважины переменного сечения может существенно отличаться.

В связи с этим возникла необходимость в моделировании данного процесса и проведении экспериментов по исследованию распределения давления ударной волны в каналах переменного сечения на подготовленном для этих целей экспериментальном стенде с использованием диффузоров и конфузоров.

Для исследования процессов распространения импульса давления, создаваемых электрическими разрядами в жидкости, эксперименты проводились с использованием в качестве рабочего участка ударной трубы, изготовленной из прочного материала длиной 0,7 м, малым диаметром 30 мм и большим 45 мм. Угол конусности $\alpha=10^\circ$.



a — цилиндрический канал с гладкой внутренней поверхностью;
б — цилиндрический канал с шероховатой внутренней поверхностью;
в, г — цилиндрические каналы, содержащие местное расширение и сужение (конфузор и диффузор)

Рисунок 3. Схема рабочего участка стенда

Электрический разряд в жидкой среде сопровождается образованием ударных волн с большой амплитудой давления на фронте, которое используется в качестве мощного источника механической энергии с высоким коэффициентом полезного действия [4, 5].

Распределение безразмерного давления (P/P_{max}) по отношению длины трубы к диаметру (l/d) представлено на рисунке 4. Здесь же показано изменение давления по отношению длины трубы с гладкой и шероховатой внутренней поверхностью.

Из графика видно, что импульс давления, вызванный электровзрывом, распространяется только на определенное расстояние, на расстоянии около десяти диаметров амплитуда импульса давления падает почти в два раза. Наличие шероховатости уменьшает зону воздействия подводного электровзрыва, амплитуда импульса давлений уменьшается относительно быстрее.



Рисунок 4. Изменение давления по длине трубы



Рисунок 5. Внешний вид электрогидравлического бура

Полученные результаты исследований по измерению амплитуды импульсов давлений были использованы при создании электрогидроимпульсного бура. Внешний вид электрогидравлического бура показан на фотографии (рис. 5).

Электрогидравлический бур работает следующим образом. Импульсный конденсатор заряжается от высоковольтного генератора, питаемого из регулируемого источника тока. При достижении заданного напряжения происходит пробой разрядника, и вся запасенная энергия в конденсаторе через кабель-электрод передается в рабочий промежуток. 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 разрушая 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, который подвергается значительным напряжениям.

Эксперименты проводились следующим образом. Камни заданной толщины опускались на дно цилиндрической емкости, моделирующей забой реальной теплообменной скважины диаметром порядка 30 см. Цилиндрическая емкость заполнялась водой, и сверху емкости опускался электрогидравлический бур до достижения поверхности камня. После включения установки определялось количество разрядов до процесса разрушения.

Полученный график зависимости количества разрядов от толщины камня при разных значениях энергии представлен на рисунке 6.

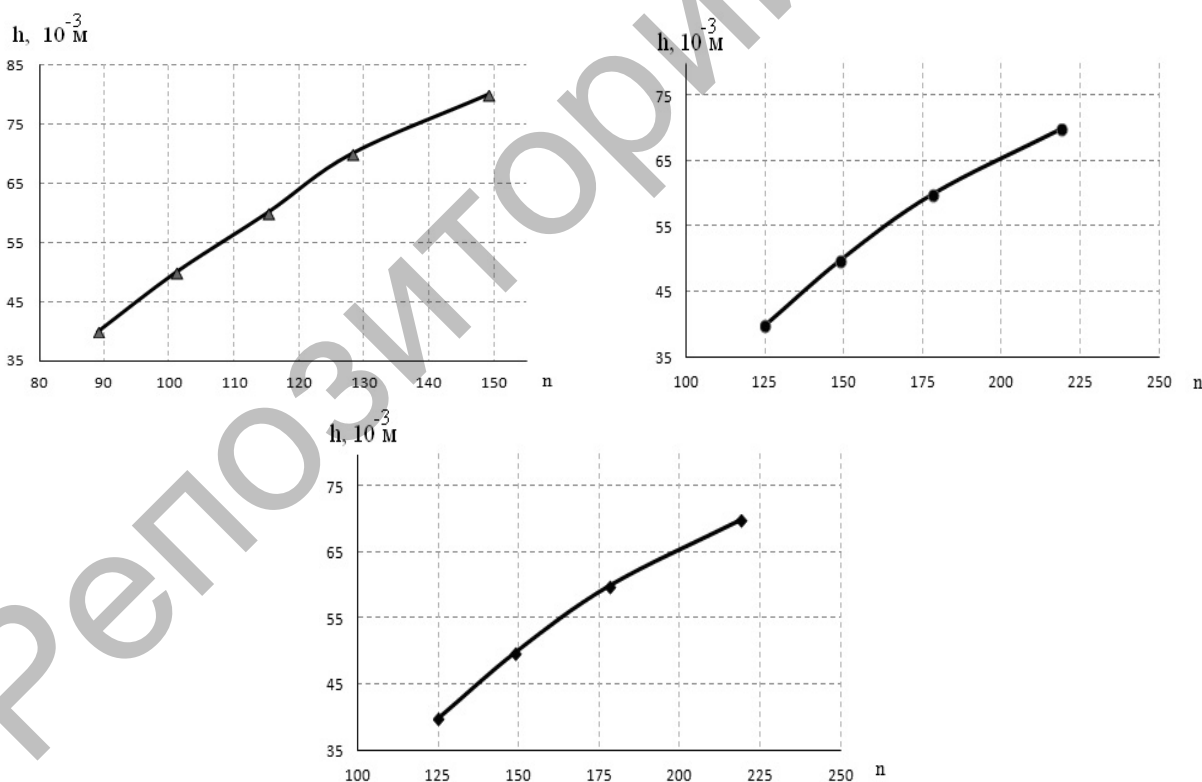


Рисунок 6. Графики зависимости процесса разрушения камня заданной толщины от количества электрогидравлических импульсов

Видно, что при энергии разряда порядка 288 Дж возможно разрушение камня до толщины 55–60 мм. Количество импульсов составляет 230 импульсов. С увеличением энергии разряда толщина 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.

Диапазон изменения параметров в проведенных экспериментах составляет: по напряжению U (20÷35)кВ, емкости накопителя C (0,75÷1)мкФ, межэлектродному расстоянию l (7÷12) мм.

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

Оптимальная энергия для разрушения камней толщины от 40 до 50 мм составляет 288 Дж, а для камней толщины от 60 до 70 мм — 420 Дж. С увеличением энергии разрядов от 612 Дж наблюдается полное разрушение камней. Этот факт указывает на существование некоторых оптимальных значений энергии электрического разряда (рис. 7).

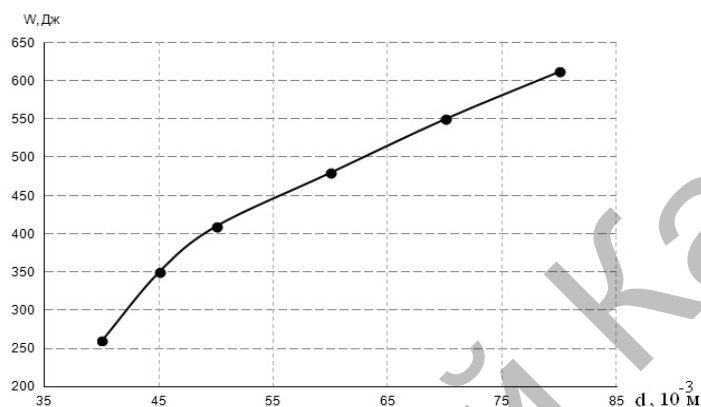


Рисунок 7. Оптимальная энергия разрушения природных материалов в зависимости от их толщины

Были проведены специальные исследования по определению максимально допустимой энергии единичных разрядов в зависимости от материала и толщины природных минералов. Установлены количественные зависимости, характеризующие начало процесса разрушения пород разной толщины, в зависимости от количества и энергии разрядов.

По сравнению с традиционно используемыми установками достигнута более высокая скорость бурения электрогидравлическим буром.

Список литературы

- 1 Энергетическая стратегия Республики Казахстан на период 2004–2015 гг. — Астана.
- 2 Кусаинов 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: Междунар. науч.-приклад. журн. — 2012. — Т. 34, № 7. — С. 32–33.
- 3 Кусаинов 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.
- 4 Kusaaynov K., Shuyushbaeva N.N., Kuzhuhanova J.A., Ahmadiyev B.A. Development of electro-hydraulic pulse technology of drilling wells for installation of heat exchange elements of heat pumps // FMNS-2013: Proceedings of the Fifth International Scientific Conference. — Bulgaria, 2013. — P. 51–56.
- 5 Кусаинов К., Нусупбеков Б.Р., Шаймерденова Г.М., Булкайрова Г.А. Влияние электрофизических параметров электрогидроимпульсной установки на степень очистки насосно-компрессорных труб // Вестн. Алматинского ун-та энергетики и связи. — 2011. — № 2(13). — С. 53–56.

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

Жылуалмастырғыш аппараттары үшін ұңғымаларды жасауда электрогидравликалық бұрғылаудың энергетикалық тиімділігі

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 табылады. Ұңғымаларды жасауда электрогидравликалық бұрғылау әдісі жаңа инновациялық әдіс деп есептеуге болады. Бұл кезде электр-

энергиясы бұрғылайтын жерде тікелей сокқы толқындарының механикалық энергияға айналып, тау жыныстарын бұзуға қабілеттілігінде болып отыр. Мақала авторлары табиғи минералдарға электрогидроимпульстік әсердің қалай болатындығы туралы зерттеу нәтижелерін келтірген.

K.Kussainov, N.N.Shuyushbaeva, B.A.Ahmadiev, J.A.Kuzhuhanova

Energy efficiency of electro-hydraulic borer at creation of wells for the installation heat exchange devices

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 natural minerals.

References

- 1 *Energy Strategy of the Republic of Kazakhstan for 2004–2015*, Astana.
- 2 Kussainov K., Sakipova S.E., Nusupbekov B.R., Turdybekov K.M., Kuzhuhanova J.A. *Industrial Heat Engineering: Int. Sci. and Appl. J.*, 2012, 34(7), p. 32–33.
- 3 Kussainov K., Nusupbekov B.R., Shaimerdenova G.M., Bulkairova G.A. *Eurasian Physical Technical Journal*, 2009, 6, 2(12), p. 60–64.
- 4 Kussainov K., Shuyushbaeva N.N., Kuzhuhanova J.A., Ahmadiev B.A. *FMNS-2013: Proc. of the Fifth Int. Sci. Conf.*, Bulgaria, 2013, P. 51–56.
- 5 Kussainov K., Nusupbekov B.R., Shaimerdenova G.M., Bulkairova G.A. *Bulletin of the Almaty University of Energy and Communications*, 2011, 2(13), p. 53–56.

Сведения об авторах

Кусаиынов Каппас — заведующий кафедрой инженерной теплофизики имени профессора Ж.С.Акылбаева доктор технических наук, профессор, Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова.

Шушбаева Нургуль Найзабековна — докторант, Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова.

Ахмадиев Бектурсын Айтжанович — преподаватель кафедры инженерной теплофизики имени профессора Ж.С.Акылбаева, Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова.

Кужуханова Жадра Асаутаевна — магистрант 2-курса физико-технического факультета, Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова.

Information about authors

Kussainov Kappas — Head of the Chair of Engineering Thermophysics named after Prof. Zh.S.Akylbaev, Doctor of technical sciences, Professor, Academician Ye.A.Buketov Karaganda State University.

Shuyushbaeva Nurgul Naizabekovna — PhD student, Academician Ye.A.Buketov Karaganda State University.

Ahmadiev Bektursyn Aytzhanovich — Lecturer of the Chair of Engineering Thermophysics named after Prof. Zh.S.Akylbaev, Academician Ye.A.Buketov Karaganda State University.

Kuzhuhanova Jadra Asautaeвна — Second-year graduate student, Academician Ye.A.Buketov Karaganda State University.