

05

О способе электроимпульсного бурения скважин и разрушения твердых тел

© **К. Кусаиынов**¹, **Б.Р. Нусупбеков**¹, **Н.Н. Шуюшбаева**², **Н.К. Танашева**^{1,2}
К.М. Шаймерденова¹, **А.К. Хасенов**¹

¹ Карагандинский государственный университет им. акад. Е.А. Букетова,
100028 Караганда, Казахстан

² Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова,
020000 Кокшетау, Казахстан
e-mail: Nazgulya_tans@mail.ru

(Поступило в Редакцию 30 мая 2016 г. В окончательной редакции 26 ноября 2016 г.)

Проведены исследования по определению энергоэффективного режима работы электроимпульсной установки для разрушения и дробления природных камней. Установлены оптимальные энергетические и геометрические параметры метода зависимости степени разрушения материалов от напряжения и от величины межэлектродного расстояния коммутирующего устройства. Предложенный способ позволяет эффективно проводить бурильные работы в вертикальных скважинах для установки теплообменников тепловых насосов.

DOI: 10.21883/JTF.2017.06.44506.1827

Введение

В настоящее время активное использование альтернативных источников энергии во многих странах мира рассматривается как один из жизненно важных, стратегически необходимых ресурсов, обеспечивающих перспективное развитие экономики этих стран [1]. Поэтому современное развитие энергетики Республики Казахстан характеризуется коренной перестройкой структуры топливно-энергетического комплекса. Это обусловлено повышением цен органического топлива на мировом рынке, обострением экологических проблем.

Одним из эффективных и оптимальных путей решения данной проблемы является разработка менее энергозатратной технологии, использующей низкопотенциальное тепло грунта [2].

Для установок теплообменников теплового насоса применяются горизонтальные и вертикальные скважины. Горизонтальный грунтовой теплообменник устанавливается рядом со зданием на небольшой глубине. Использование таких грунтовых теплообменников ограничено параметрами имеющейся площади [3]. Вертикальный грунтовой теплообменник эффективно работает практически во всех видах геологических сред, за исключением грунтов с низкой теплопроводностью, например сухого гравия или сухого песка [4–6]. Системы из вертикальных грунтовых теплообменников в настоящее время получили огромное распространение. Тем не менее для зданий уже построенных, но еще не сданных в эксплуатацию, возникает необходимость дополнительной установки вертикальных теплообменников теплового насоса в подвальном или цокольном этаже.

При этом механические бурильные установки для подготовки вертикальных скважин по габаритным размерам

не помещаются в подвальных или цокольных комнатах. Для разборки и сборки таких установок требуется определенное время.

В связи с вышеизложенным в лаборатории гидродинамики и теплообмена разработана и практически реализована электроимпульсная установка для вертикального бурения.

Методика эксперимента

Экспериментальная площадка расположена в цокольном помещении, где размещены лабораторные установки для исследования тепловых процессов в скважинах при осуществлении электроимпульсного бурения.

Принципиальная схема электроимпульсной установки и электроимпульсного бура приведена на рис. 1.

Внутренняя часть металлической коронки, которая выполняет роль отрицательного электрода электроимпульсного бура, выполнена в виде эллиптического параболоида, что позволяет импульсному давлению сосредоточиться в одной точке. По этой причине при подаче разряда на поверхности грунта появляется очень большое давление, которое приводит к измельчению камней на более мелкие куски.

Для осуществления электроимпульсного разряда полость бура заполняется технической водой. Разрушенные и раздробленные куски каменного грунта удаляются проточной водой.

На рис. 2 показан общий вид бурильного узла.

В результате экспериментальных исследований определены оптимальные значения времени и количество искровых разрядов, при которых происходит разрушение природных камней и твердых горных пород. По анализу РГУ МД „Центрказнедра“ Центрально-Казахстанский

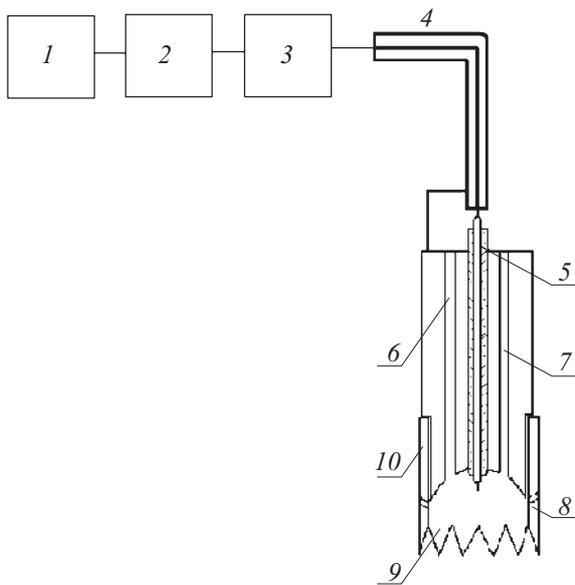


Рис. 1. Схема электроимпульсной установки и электроимпульсного бура: 1 — источник питания, 2 — высоковольтный генератор, 3 — импульсный конденсатор, 4 — коаксиальный кабель-электрод, 5 — центральный положительный электрод, 6 и 7 — каналы для подачи промывочной жидкости, 8 — отверстие в коронке бура в виде полуэллипсоида для выхода газов, 9 — зубцы коронки, 10 — коронка бура.



Рис. 2. Общий вид бурильного узла.

регион характеризуется сложным для бурения геологическим строением грунта, поэтому дополнительно были проведены лабораторные испытания по дроблению природных камней. Природный камень — это разнообразный по своей структуре материал, сложенный из различных минералов, подвергающийся значительным напряжениям. В эксперименте были использованы природные камни, твердость которых составляет 5–6 единиц по шкале Мооса [7].

На рис. 3 показана малогабаритная бурильная установка, с помощью которой производилась подготов-

ка экспериментальной скважины для установки труб теплообменника. Для предварительной подготовки на начальном этапе проводилось шнековое бурение, затем

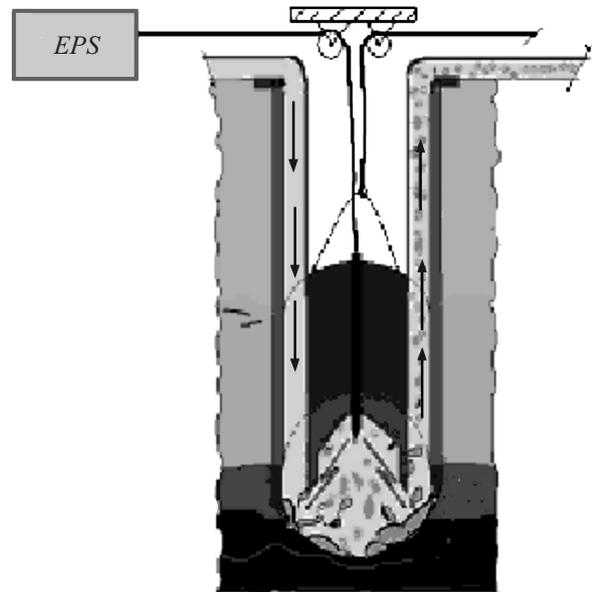


Рис. 3. Электроимпульсное бурение.

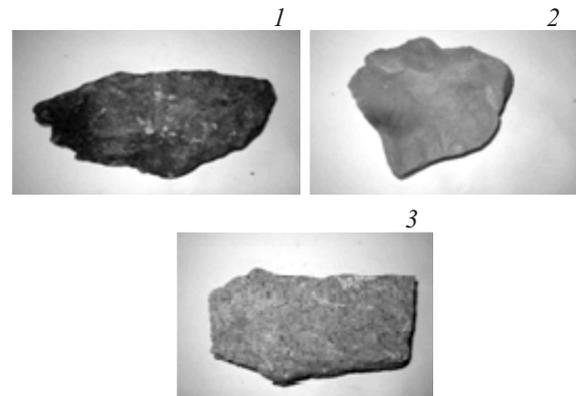


Рис. 4. Фотографии образцов природных камней.

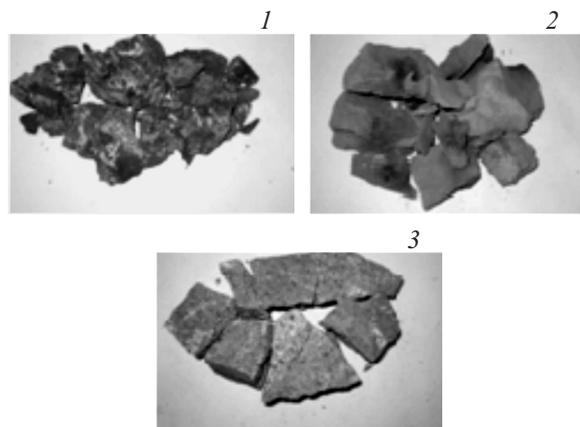


Рис. 5. Фотографии образцов природных камней после электроимпульсной обработки.

осуществлялась электрогидроимпульсная обработка в забойной зоне скважины [8,9].

Лабораторные испытания электроимпульсного бурения скважин производились до глубины 25 м.

После многократных испытаний возникла необходимость обработки природных камней и выбор режима разрушения каменных плит.

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

Образцы обрабатываемых природных камней приведены на фотографиях (рис. 4).

В результате интенсивной электроимпульсной обработки природных камней указанные образцы были разрушены на мелкие куски (рис. 5).

При проведении экспериментов электрофизические параметры установки изменялись в следующих пределах: $U_{\text{high}} = 20\text{--}30\text{ kV}$, $C = 3\mu\text{F}$; $l_{\text{disch}} = 7\text{--}12\text{ mm}$; $L_{\text{oper}} = 25\text{--}35\text{ mm}$.

При этом энергия разряда в рабочем промежутке изменялась $E = 600\text{--}1350\text{ J}$. В экспериментах обрабатываемые природные камни имели среднюю толщину от 50 до 80 мм.

Результаты и обсуждение

На лабораторной площадке были экспериментальным путем исследованы влияния разных факторов на эффективность электроимпульсного разрушения природных камней, в том числе изменения доли энергии, выделившейся в начале пробоя и перешедшей в энергию ударных волн, время поступления энергии в накал пробоя, изменение межэлектродного расстояния, свойства природных камней.

С целью определения оптимального режима работы электроимпульсной установки были проведены опыты

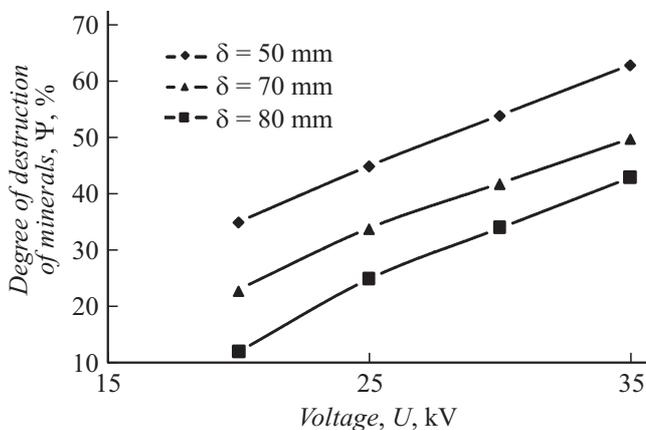


Рис. 6. Зависимости степени разрушения природных камней от напряжения.

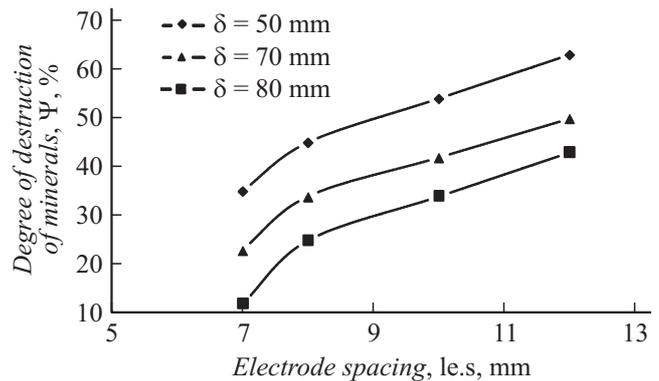


Рис. 7. Зависимости степени разрушения природных камней от величины межэлектродного расстояния.



Рис. 8. Оптимальная энергия разрушения природных материалов в зависимости от их толщины.

по влиянию энергии разряда на эффективность электроимпульсного способа разрушения природных камней.

Опыты проводились для камней различной структуры и с различным содержанием. На рис. 6 приведены экспериментальные результаты исследования степени разрушения камней в зависимости от вариации толщины камней ($\delta \approx (50\text{--}80)\text{ mm}$) и начального напряжения U_0 при неизменной емкости конденсаторных батарей.

Далее на рис. 7 приведены результаты опытов, проведенных при следующих параметрах разрядного контура: $U_0 = 20\text{ kV}$, $C = 3\mu\text{F}$. Величина межэлектродного промежутка изменялась в пределах $l = 7\text{--}12\text{ mm}$.

Результат лабораторных исследований показал, что максимальный эффект разрушения природных камней наблюдался при следующих параметрах электроимпульсной установки: $U_0 = 30\text{ kV}$, $C = 3\mu\text{F}$, $l = 12\text{ mm}$. При этом оптимальная энергия для разрушения камней толщиной от 50 до 70 мм составляет 900 J, а для камней толщиной 80 мм энергия разряда равна 1350 J. С увеличением энергии разрядов до 1350 J наблюдалось полное разрушение камней (рис. 8). Эти данные указывают на существование некоторых оптимальных значений энергии электрического разряда.

Заключение

На основании экспериментальных исследований установлены границы электрофизических параметров метода, соответствующие началу интенсивного разрушения твердых горных пород.

Были проведены специальные исследования по определению оптимального режима работы электроимпульсной установки, опыты по влиянию энергии разряда на эффективность электроразрядного способа разрушения природных камней. Получены значения максимально допустимых значений энергии единичных разрядов в зависимости от вида и толщины природных камней. Установлены количественные зависимости, характеризующие начало процесса разрушения пород разной толщины в зависимости от количества и энергии разрядов.

Опытными исследованиями доказана возможность достижения большей, чем на традиционно используемых установках, скорости бурения. Электроимпульсное разрушение не требует специального прижатия электродов к забою со значительным усилием, а потому износ электродов при электроимпульсном бурении сравнительно мал, износу подвергается только кабель–электрод, который является расходным материалом.

Список литературы

- [1] *Thomas Grab, Thomas Storch, Sebastian Braune* // Ulrich Gross. Heat pipes, heat pumps, refrigerators, power sources. 2011. Vol. 2. P. 1–8.
- [2] *Федянин В.Я., Карпов М.К.* // Ползуновский вестник. 2006. Т. 1. Вып. 4. С. 98–103.
- [3] *Васильев Е.Н., Деревянко В.А., Макуха А.В.* Материалы IV Российской нац. конф. по теплообмену. 2006. Т. 7. С. 175–178.
- [4] *Беляев В.Е., Косой А.С., Соколов Ю.Н.* // Новости тепло-снабжения. 2006. Вып. 8. С. 43–48.
- [5] *Бубялис Э., Марцинаускас К., Шкема Р.* // Промышленная теплотехника. 2000. Т. 22. Вып. 3. С. 53–56.
- [6] *Stoiev M., Kussaiynov K., Shuyushbayeva N.N., Nussupbekov B.R., Karagaeva M.B.* // Bulletin of University of Karaganda. Ser. Physics. 2014. Vol. 3. P. 68–74.
- [7] *Kurytnik I., Nussupbekov B.R., Khassenov A.K., Karabekova D.Z.* // Archiv. Metall. Mater. 2015. Vol. 60. N 4. P. 2549–2551.
http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=4&SID=P1OhTnLLKjadoo9SrlW&page=1&doc=1
- [8] *Kussaiynov K., Nussupbekov B.R., Sakipova S.E., Shuyushbayeva N.N., Khassenov A.K.* // Metallofiz. i Nov. Tekhnol. 2015. Vol. 37. N 3. P. 397–407.
<http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56289675900>.
- [9] *Kusaiynov K., Shuyushbayeva N.N., Nusupbekov B.R., Turdybekov K.M., Shaimerdenova K.M., Akhmadiev B.A.* // Tech. Phys. 2015. Vol. 60. N 12. P. 1884–1886.
<http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56289675900>.