

Электрoимпульсная технология создания теплообменников для извлечения теплоты грунта на малых глубинах

Electro-technology is a heat exchanger to extract the heat of the soil at shallow depths

Кусаиынов К., Турдыбеков К.М., Кужуханова Ж.А., Саденова К.К.

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: Kappas090108@mail.ru)

Зерттеудің мақсаты өндірістік, қоғамдық және тұрғын мекемелерді жылумен, суықпен жабдықтау үшін дәстүрлі емес және қайта қалпына келетін энергия көздері ретінде энергияны үнемдеуші жылу сорғыш технологияларын ғылыми тәжірибе негізінде енгізіп өңдеу болып табылады. Жер қойнауындағы жылуды қолдануға жылу сорғыштағы жылу алмастырғышты оңғыға орналастырады. Оңғы алуда жие қолданылатын әдістердің бірі – бұрғылау. Электрoгидравликалық бұрғылау принципалды бұрғылаудың жана әдісі болып табылады, тау-кен тастарын бұзу арқылы электрлік энергия механикалық жұмысқа ауысады. Мұның орындалуына электрoгидравликалық бұрғылаудың әр түрлі типтері мен модификациялары қолданылады.

The aim of the study is to develop scientific and practical bases of introducing energy-saving heat pump technology to heat and cold supply of residential, public and industrial premises on the basis of alternative and renewable energy sources. The heat exchanger of the heat pump is installed in the wells for groundwater heat. Drilling is widely used method for wells and canals. Electro drilling, in which electrical energy is directly in the slaughter goes into mechanical work, breaking the rock, is a fundamentally new way of drilling. For its implementation are electro drills of various types and modifications.

В настоящее время поиск и активное использование новых альтернативных источников энергии во многих развитых странах мира приняты в качестве жизненно важных, стратегически необходимых ресурсов, обеспечивающих перспективное развитие экономики этих стран.

Современное развитие энергетики Республики Казахстан характеризуется коренной перестройкой структуры топливно-энергетического комплекса. Это обусловлено повышением цен на органическое топливо на мировом рынке, обострением экологических проблем.

В данных условиях мероприятия по экономии топливно-энергетических ресурсов являются приоритетными в долговременной энергетической политике.

В странах СНГ источники центрального теплоснабжения жилых, общественно-коммунальных зданий и коммунально-бытовых предприятий являются крупные ТЭЦ и районные котельные с теплопроизводительностью более 50 Гкал/ч. Одним из альтернативных вариантов является получение тепловой энергии с использованием теплового насоса, который дает возможность с целью энергосбережения использовать: грунтовую теплоту, подземные воды, водоёмы, природные водные потоки и т.д. [1].

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

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.

Они могут использоваться для тепло- и хладоснабжения зданий различных площадей. Для небольшого здания достаточно одного теплообменника; для больших зданий может потребоваться устройство целой группы скважин с вертикальными теплообменниками.

Основным теплообменным элементом системы сбора низкопотенциального тепла грунта являются вертикальные грунтовые теплообменники коаксиального типа, расположенные снаружи по периметру «Физика». № 2(66)/2012

риметру здания. Эти теплообменники представляют собой 8 скважин глубиной от 32 до 35 м каждая, устроенных вблизи дома [3].

Теплообменник теплового насоса устанавливается в скважинах для использования тепла грунтовых вод. Широко применяемый 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. Предлагаемая технология позволит легко преодолевать такие препятствия, разрушая их путем воздействия ударными волнами при высоковольтных разрядах в водной среде. При этом происходит дробление и измельчение твердой породы, что позволяет производить эффективное бурение скважин на требуемые глубины в короткие сроки. Уникальность предлагаемого инновационного способа бурения твердых пород заключается в возможности проведения работ в условиях ограниченного пространственного объема (крытые помещения, подвалы и т.п.), что является во многих случаях невозможным при использовании традиционных механических методов бурения твердых пород вследствие громоздкости применяемого оборудования.

Электрогидравлическое бурение, при котором электрическая энергия непосредственно в самом забое переходит в механическую работу, разрушая горную породу, является принципиально новым способом бурения. Для его осуществления предназначены электрогидравлические буры различных типов и модификаций.

В зависимости от конструкции и назначения бура электродов в буре может быть два или несколько. Они могут быть неподвижными, вращающимися, а также совершать колебательные движения. Движение электродов может осуществляться либо от постороннего источника (двигателя), либо за счет энергии проходящей воды, либо силой действия самих электрогидравлических ударов.

Предложенные электрогидравлические буры конструктивно делятся на четыре основные группы.

Первая группа: электрогидравлические буры с вращающимся центральным электродом. Экспериментально доказано, что буры сплошного забоя этого типа при напряжении 70–100 кВ и емкости 0,7—1,0 мкФ могут бурить крупные скважины диаметром до 450–500 мм. Вращение переднего конца центрального электрода осуществляется различными способами (например, от электромотора, турбины, приводимой в движение промывочной водой, поступающей по трубе бура, а также от реактивного действия самих электрогидравлических ударов) [4].

Вторая группа: электрогидравлические буры с неподвижным центральным электродом. В ходе исследований была выявлена зависимость пробивного напряжения в жидкости от массового содержания в ней каких-либо механических примесей и предложен метод так называемого «грязного забоя», а также был создан бур сплошного забоя, использующий этот метод.

Третья группа: линейные буры. Если, образно говоря, «сплющить» бур сплошного или кольцевого забоя с неподвижным центральным электродом, то конструктивно получатся два типа линейных буров. Линейные буры с подачей воды через центральный электрод при длине резания, равной 1–2 м, могут образовывать при напряжении 50–80 кВ узкие прорезы и щели шириной до 8–10 мм не только по прямым, но и по любым кривым линиям.

Четвертая группа: бурами этого типа можно бурить все горные породы, мерзлый грунт, лед, соль, резать древесину, выполнять различные подводные работы — прорезать температурные швы в бетоне, каналы-щели для шпунта в основании плотин, а также бурить скважины с любой продольной кривизной, что достигается приданием соответствующей продольной кривизны стержню бура.

Но все они не доведены до промышленного использования, описаны только принципы.

Все сказанное выше обусловило необходимость проведения экспериментов с целью разработки электрогидравлической технологии подготовки грунтовых каналов для промышленного использования. Для этого нами была применена экспериментальная установка на основе электрогидравлического эффекта.

Электрогидравлический эффект является преобразованием процесса гидродинамической вихревой электроэнергии в механическую энергию. Он 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 при определенных условиях. Электрогидравлический разряд возникает при приложении к жидкости импульсного напряжения достаточной амплитуды и длительности, в результате чего развивается электрический пробой [5].

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. В свое время нами была разработана и практически реализована схема построения электрогидравлической установки (рис. 1).

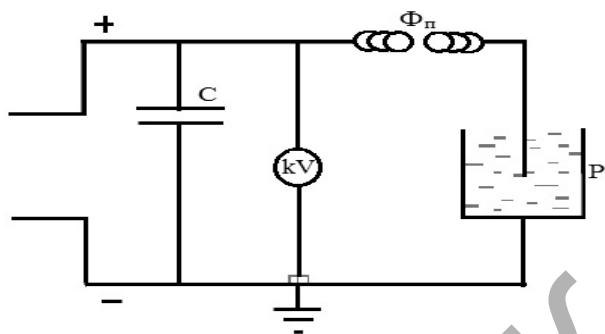


Рис. 1. Схема электрогидравлической установки: (кV — выпрямитель; $\Phi_{п}$ — формирующий искровой промежуток; P — рабочая ячейка электрогидравлического бурения; C — рабочая емкость конденсатора

Лабораторное оборудование состоит из следующих блоков: пульт управления, защитный конденсатор системы, электрический блок питания, токовый ограничитель, блок автоматического отключения, высоковольтный индикатор, коммутаторный генератор, высоковольтный выпрямитель трансформатора, блок накопителей энергии, защитная система конденсатора, блок снятия остаточного напряжения, защитная система, малый разрядник, электродная система.

Для проведения экспериментов по разрушению камней в процессе бурения была изготовлена рабочая цилиндрическая ячейка, нижняя часть которой имеет полусферическую вогнутую форму (толщина с изолирующим материалом 13 мм). Для удержания электрода в одной точке в корпусе ячейки устанавливаются крепления. Отрицательный электрод электрогидравлической установки устанавливают на дне цилиндрической ячейки. На рисунках 2–4 показаны рабочая ячейка электрогидравлической установки и схема бурения.



Рис. 2. Рабочая ячейка для бурения



Рис. 3. Рабочая ячейка, закрепленная на камне

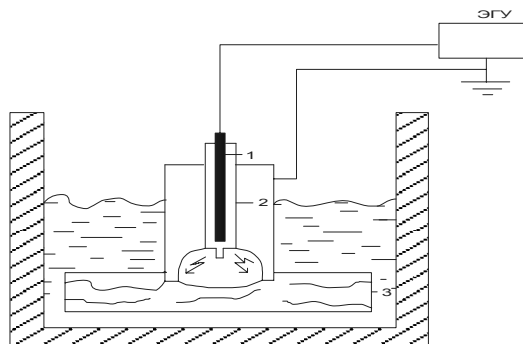


Рис. 4. Схема электрогидравлического бурения: 1 — электрод, 2 — ячейка, 3 — камень

Толщина камней, использованных для исследования в лаборатории гидродинамики и теплообмена, была различной ($h = 30$ мм, $h = 40$ мм, $h = 70$ мм). При этом наилучшие результаты были получены на расстоянии 9 мм промежутка разрядника электрогидравлического оборудования. На рисунках 5, 6 показаны камни, которые были использованы в эксперименте.

В результате экспериментального исследования определены оптимальные значения времени и количества искровых разрядов электрогидравлического бурения камней, определено время, при котором в процессе бурения происходит растрескивание камня. Экспериментальные результаты электрогидравлического бурения камней при $h = 30$ мм, $h = 40$ мм показаны на рисунках 5–6.



Рис. 5. Разрыв камня после бурения в течение 3 минут ($h = 30$ мм)

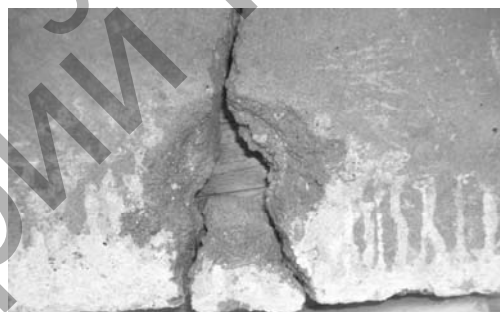


Рис. 6. Разрыв камня после бурения в течение 5 минут ($h = 40$ мм)

На рисунке 7 показано, что при толщине камня $h = 30$ мм, $h = 40$ мм количество разрядов составило 150–200 ударов, для $h = 70$ мм — 400–450 ударов. Глубина дробления зависит от числа ударных разрядов.

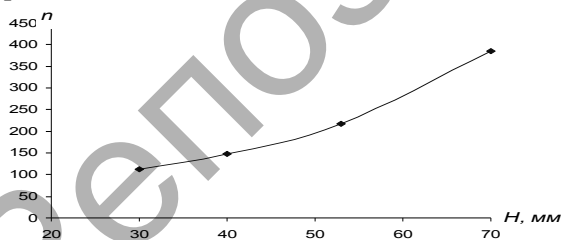


Рис. 7. Зависимость числа ударных разрядов от толщины камня до осуществления дробления

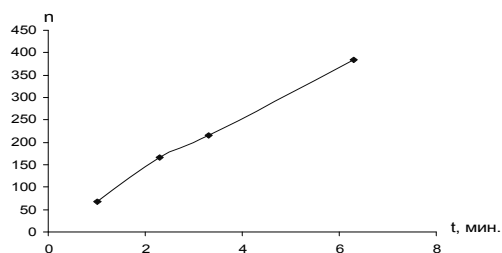


Рис. 8. Зависимость числа ударных разрядов от времени при электрогидравлическом воздействии

При максимальном ударном разряде интенсивность увеличения глубины бурения повышается. Причина этого явления заключается в том, что при ударных разрядах происходит повышение давления, что вызывает на поверхности камня кусковое измельчение. При увеличении удара разряда повышается давление, поэтому при максимальном ударе электрического разряда увеличивается глубина дробления.

На рисунке 8 показан график зависимости числа ударных разрядов от времени в процессе бурения.

Получена зависимость числа ударных разрядов от времени при электрогидравлическом воздействии. Как показано на графике, в процессе дробления камня ($h = 40$ мм) количество искровых разрядов составляет 50 ударов в минуту, за две минуты — 150, за три — 200, за семь минут — 350 ударов. Во время процесса поверхность камня начинает измельчаться, со временем глубина дробления увеличивается и, соответственно, растет число ударов электрического разряда.

References

1. The Energy Strategy of the Republic of Kazakhstan for the period 2004–2015. — Astana, 2004.
2. Ray D., McMichael J. Heat Pumps. — M.: Energoatomizdat, 1982. — 224 p.
3. Vasiliev V.V. The use of low-grade thermal energy of the surface soil layers of the Earth to heat refrigerant-supply of the building // Thermal Engineering. — 1994. — № 2. — P. 31–35.
4. Yutkin L.A. Electro-effect. — M.: Mashgiz, 1955. — 51 p.
5. Yutkin L.A. Electro-effect and its application in industry. — Leningrad: Engineering, 1986. — 253 p.