

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Medium Voltage Variable Frequency Drives MVW-01. [Elektronyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.weg.net/uk/Products-Services/Drives/Variable-Frequency-Drives/Medium-Voltage-Variable-Frequency-Drives-MVW-01>.
2. Gostev V. I. Sistemy upravlenija s cifrovymi reguljatorami: Spravochnik. - K.: Tehnika, 1990.—280 s.
3. Ju. Tu. Sovremennaja teorija upravlenija. – M.:Mashinostroenie, 1971. – 472s.
4. Kudin V.F., Toropov A.V. Sintez nelinejnogo suboptimal'nogo reguljatora sledjashhego jelektroprivoda s sinhronnym dvigatelem// Tehnichna elektrodinamika, 2006. №1. –s.45-48.
5. Pearson J. D. Approximation Methods in optimal control. Sub-optimal control. // J.Electronics and control. Vol. 13, No20, 1962. - R. 453-467.
6. Obobshhennaja jelektromehaničeskaja sistema s linearizovannoju mehanicheskoju harakteristikoju. [Elektronyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://servomotors.ru/documentation/open-loop_system/7.html
7. Spravochnik po teorii avtomatičeskogo upravlenija / pod red. A. A. Krasovskogo. M. : Nauka. Gl.red. fiz.-mat. lit-ry, 1987.- 712 s.
8. Letov A.M. Dinamika poleta i upravlenie/A. M. Letov. - M. : Nauka, 1969. – 359s.
9. Programmable logical controller Lenze Drive PLC, Access mode. [Elektronyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://www.lenze.org.ua/?inc=inverters/01_inv/01i_Drive_PLC

Статья поступила в редакцию 21.05.2014 г.

УДК 620.91: 697.7

Е. С. Шипика, магистр (ДонНТУ), Е. Л. Завьялова к.т.н., доц. (ДонНТУ)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

H. S. Shipika, undergraduate (DonNTU), H. L. Zavialova Ph.D, assoc. prof. (DonNTU)

**IMPROVING THE TECHNOLOGY OF GEOTHERMAL ENERGY FOR
HEATING UTILITY PROJECTS**

Запропоновано спосіб використання геотермальної енергії для теплопостачання комунальних об'єктів в умовах Донбасу, в якому за рахунок розміщення ґрунтового колектора всередині шару суміші, теплопровідність якої вище, ніж теплопровідність

грунту, забезпечується збільшення коефіцієнта теплопровідності вміщаючий колектор середовища, що дозволяє збільшити ефективність передачі тепла теплоносію, в результаті чого відбудеться скорочення капітальних витрат на реалізацію способу через зменшення протяжності трубопроводу і обсягу виймального ґрунту.

Ключові слова: теплоносії, геотермальна енергія, ґрунтовий колектор, теплопровідність.

Предложен способ использования геотермальной энергии для теплоснабжения коммунальных объектов в условиях Донбасса, в котором за счет размещения грунтового коллектора внутри слоя смеси, теплопроводность которой выше, чем теплопроводность грунта, обеспечивается увеличение коэффициента теплопроводности вмещающей коллектор среды, что позволяет увеличить эффективность передачи тепла теплоносителю, в результате чего произойдет сокращение капитальных затрат на реализацию способа из-за уменьшения протяженности трубопровода и объема вынимаемой почвы.

Ключевые слова: теплоноситель, геотермальная энергия, грунтовой коллектор, теплопроводность.

Method of using geothermal energy for heating utility objects in the Donbass region, where due to placement of the soil inside the collector layer of a mixture, whose thermal conductivity is higher than the thermal conductivity of the soil, increase the thermal conductivity is provided enclosing manifold environment that increases the efficiency of the coolant heat transfer, resulting in what happens reducing capital costs of the method because of the reduction pipeline length and volume remove soil.

Keywords: coolant, geothermal energy, ground collector, conductivity.

Введение. Зависимость украинской экономики от импортных энергоресурсов заставляет искать все новые пути снижения затрат на отопление зимой и кондиционирование летом. В этой связи значительный интерес представляет инновационная технология, основанная на использовании так называемых тепловых насосов. Данная технология привлекательна хотя бы с той точки зрения, что для выработки одного и того же количества тепла тепловой насос потребляет в 2,5...4,5 электрической энергии меньше чем любой другой электрический нагревательный прибор.

Привлекательным является также тот факт, что в данный момент в Украине имеет место некоторый избыток электрической энергии. Кроме того, использование тепловых насосов для отопления и кондиционирования преимущественно в ночное время позволит существенно разгрузить электрические сети и еще сильнее снизить затраты на отопление (в Украине "ночной" тариф электрической энергии значительно ниже "дневного").

Цели и задачи: совершенствование технологии использования геотермальной энергии для теплоснабжения коммунальных объектов путем увеличения коэффициента теплопроводности среды, вмещающей грунтовой коллектор теплового насоса.

Изложение материала. Для Донбасса, в котором отсутствуют неглубоко расположенные высокопотенциальные термальные ресурсы, перспективным является использование низкопотенциальной геотермальной энергии с

помощью теплового насоса, принцип действия которого заключается в том, что для обогрева некоторого объема здания из гораздо большего объема основания забирается низкопотенциальное тепло посредством грунтового коллектора, в котором циркулирует рассол (рис.1). Теплоноситель (рассол) передает тепло недр хладагенту в тепловой машине, затем хладагент нагревается в процессе его сжатия и фазового перехода (т.е. конденсации) в тепловой машине, теплота хладагента передается в помещение.

Основная проблема использования тепловых насосов в качестве отопительного прибора и (или) устройства для кондиционирования воздуха - необходимость выполнения больших объемов земляных работ для прокладки грунтовых коллекторов и как следствие - относительная дороговизна указанной отопительной системы.

Горизонтальный грунтовой коллектор подходит особенно для домов с достаточно большой площадью участка земли. Его нельзя застраивать (например, гараж или терраса), поверхность над земляным коллектором нельзя закупоривать (например, покрывать тротуарной плиткой). Кроме того, передача тепла недр теплоносителю, циркулирующему в трубах, зависит от коэффициента теплопроводности грунта, который в свою очередь зависит от его свойств: чем выше влажность, тем он выше. Это обстоятельство в засушливых регионах или при гидроизолирующих свойствах почвы может привести к снижению эффективности работы системы теплоснабжения.

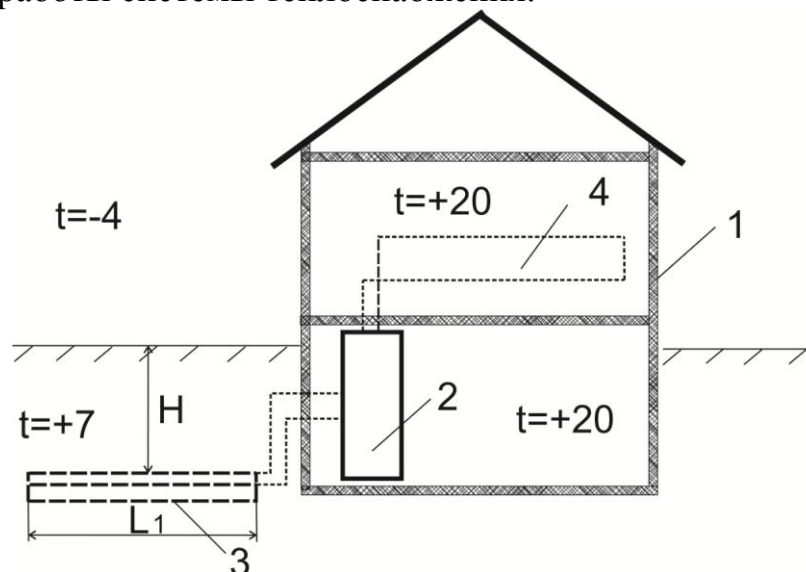


Рис. 1. Использование горизонтального коллектора для обогрева:
1 – обогреваемое здание; 2 – тепловая машина; 3 – горизонтальный коллектор; 4 – обогревательный прибор (испаритель).

Анализ температурного режима на дневной поверхности и в глубине грунтовой толщи показал, что минимальная глубина закладки коллектора в г. Донецке составляет (Н, м) 1,4 м (граница промерзания грунта находится на глубине 1,2 м), а оптимальная глубина закладки - 3,2 м. На этой глубине температура принимает строго положительные значения, амплитуда

среднегодовых колебаний температур меньше, чем на глубине 1,4 м и составляет от 8 °С в марте до 18 °С в августе. Вмещающие породы на глубине $H = 3,2$ м представлены песчаником со средним коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{вп}} = 3,4$ Вт / (м град), их температура на глубине 3,2 м составляет 12,5 °С, среднегодовая температура на поверхности составляет 10,1 °С.

Разница температур на входе и выходе коллектора ΔT , которая необходима для определения общего количества полученного тепла, в расчетах для грунтовых коллекторов обычно принимается равной 3 °С. Удельный теплосъем такого коллектора определяли по формуле:

$$q = \lambda \cdot \Delta T, \text{ Вт / м.}$$

Для песчаника - $q = 10,2$ Вт / м.

Теплопотребность коттеджа площадью 120 ... 240 м² (в зависимости от теплоизоляции) 12 кВт, температура воды в системе отопления должна быть 35 °С; минимальная температура теплоносителя - 7 °С. Для обогрева здания может быть использован тепловой насос WPS 140-1 (Buderus) мощностью 14,5 кВт (ближайший больший типоразмер), расходуемой на нагрев фреона 3,22 кВт. Тепловая мощность, получаемая от низкопотенциального источника (грунт) (Q_o , кВт) рассчитывается как разница полной мощности теплового насоса (Q_{wp} , кВт) и электрической мощности, расходуемой на нагрев фреона (P , кВт):

$$Q_o = Q_{\text{wp}} - P, \text{ кВт.}$$

Суммарную длину труб коллектора (L , м) и общую площадь участка размещения (A , м²) рассчитывали по формулам:

$$L = Q_o / q, \text{ (м);}$$

$$A = L \cdot d_a, \text{ (м}^2\text{) , где:}$$

q - удельный (с 1 м трубы) теплосъем; d_a - расстояние между трубами (шаг укладки - не менее 0,7 ... 0,8 м).

Таким образом, при известном способе использования геотермальной энергии для теплоснабжения коттеджа площадью 120...140 м² необходимая тепловая мощность коллектора составит:

$$Q_o = 14,5 - 3,22 = 11,28 \text{ кВт;}$$

суммарная длина труб - $L = Q_o / q = 11,28 / 0,0102 = 1106$ м.

При шаге укладки 0,75 м необходимая площадь участка равна:

$$A = 1110 \cdot 0,75 = 833 \text{ м}^2.$$

Схема расположения труб в таком коллекторе может составлять 10 колен длиной по 111 м.

Результаты исследований. Учеными Донецкого национального технического университета предложен способ извлечения тепла недр, позволяющий за счет увеличения коэффициента теплопроводности вмещающего коллектор грунта интенсифицировать процесс теплосъема, а следовательно, уменьшить длину грунтового коллектора и площадь участка им занимаемого.

Укладку труб грунтового коллектора при этом осуществляют внутри слоя смеси, теплопроводность которой выше чем теплопроводность почвы и толщина слоя которой составляет 3-5 диаметров трубы грунтового коллектора.

В качестве теплопроводной смеси была выбрана глино-графитовая смесь с содержанием графита 50 % вес. из-за своих исключительных теплопроводных свойств и относительной низкой стоимости (табл. 1).

Таблица 1. Зависимость коэффициента теплопроводности глино-графитной смеси от процентного содержания графита

Содержание графита в смеси, $C_{гр}$, % вес.	Коэффициент теплопроводности смеси, λ , Вт/(м·°C)		Увеличение коэффициента теплопроводности смеси, %	
	сухой	влажной	сухой	влажной
0	4,87	6,18	0	0
5	5,1	6,7	4,72	8,4
10	5,7	7,25	17,0	17,3
15	6,69	7,66	37,4	23,9
20	7,69	8,41	57,9	36,08
50	10,17	15,89	108,83	157,12
75	11,9	12,57	144,35	103,40
100	15,57	13,68	219,71	121,36

При этом удельный теплосъем такого коллектора составит :

$$q = 10,17 \cdot 3 = 30,5 \text{ Вт / м, где:}$$

суммарная длина труб - $L = Q_0 / q = 11,28 / 0,0305 = 370 \text{ м.}$

Для организации такого коллектора достаточно 4 колена длиной по 100 м.

При шаге укладки 0,75 м необходимая площадь участка равна :

$$A = 400 \cdot 0,75 = 300 \text{ м}^2.$$

Таким образом, при реализации предлагаемого способа необходимая длина трубопровода уменьшилась в 2,8 раза, а следовательно, в 2,8 раза уменьшился и объем капитальных затрат.

Выводы

Предлагаемый способ обеспечивает совершенствование технологии использования геотермальной энергии для теплоснабжения коммунальных объектов в условиях Донбасса, в котором за счет размещения грунтового коллектора внутри слоя смеси, теплопроводность которой выше, чем теплопроводность грунта, обеспечивается увеличение коэффициента теплопроводности вмещающей коллектор среды, что позволяет увеличить эффективность передачи тепла теплоносителю, в результате чего произойдет сокращение капитальных затрат на реализацию способа из-за уменьшения протяженности трубопровода и объема вынимаемой почвы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Shipika A.S., Skrineckaya I.V., Zavyalova E.L. «Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya teploprovodyashhix ankerov», «Kompleksne vikoristannyya prirodnix resursiv»: V regional. konf., 6 grudnya 2012 r.: zb. dopovidej studentiv ta aspirantiv. – Doneck: donntu, 2012. - s.23-28.
2. Shipika A.S., Skrineckaya I.V., Zavyalova E.L., «Sovershenstvovanie texnologii izvlecheniya tepla neдр v usloviyax Donbassa», IX Mezhdunarodnyj nauchnyj forum-konkurs molodyx uchenyx, «Problemy nedropolzovaniya». 23-25 aprelya 2014goda. Sbornik nauchnyx trudov «Problemy nedropolzovaniya», Sankt-Peterburg, 2014. s. 126-128.
3. Shipika A.S., Skrineckaya I.V., Zavyalova E.L. «Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya teploprovodyashhix ankerov», VIII Mezhdunarodnyj forum-konkurs molodyx uchenyx «Problemy nedropolzovaniya». 24-26 aprelya 2013 goda. II chast - sbornik nauchnyx trudov «Problemy nedropolzovaniya», Sankt-Peterburg, 2013. s. 198-200.
4. Patent na vinaxid №102020 Ukraina mpk 21d 21/00, 21d/00. «Sposib ankernogo kriplennya virobki» Kostenko V.K. . Zav'yalova O.L., Saalexiradzh S. Shipika O.S., zayavniki i vlasniki donntu. – № a 2011 12723; zayavk. 31.10

Статья поступила в редакцию 19.05. 2014 г.