

УДК 620.91

А.В.Бучко¹ (Институт проблем машиностроения им. А.Н.Подгорного НАН Украины, Харьков),
А.О.Костиков², докт.техн.наук (Институт проблем машиностроения им. А.Н.Подгорного НАН Украины,
Харьков, Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина, Харьков)

Циклическая работа устройства отбора тепловой энергии из отработавших нефтяных и газовых скважин

Представлены результаты исследования работы скважинного теплообменника на различных режимах. Приведены графики зависимости температур теплоносителя на выходе и горной породы в забое, а также тепловой мощности от времени использования оборудования. Показано, что циклическая работа увеличивает предел устойчивой выработки тепловой энергии. Библ. 10, табл. 3, рис. 4.

Ключевые слова: скважинный теплообменник, геотермальная энергетика, предел устойчивой выработки.

Orcid: ¹0000-0003-4525-5157; ²0000-0001-6076-1942

Введение. Развитие нетрадиционной энергетики связано с непрерывным удорожанием и истощением запасов традиционных энергоресурсов – нефти, газа, угля. Геотермальное тепло является возобновляемым источником энергии, которое может стабильно использоваться.

Известно несколько вариантов утилизации тепловой энергии приповерхностных слоев и недр земли [1–3], в том числе отбор энергии из отработавших свой ресурс нефтяных и газовых скважин [3–6].

Для каждой геотермальной установки и для каждого режима характерно с течением времени понижение основных параметров (температура теплоносителя на выходе и тепловая мощность) в связи с выхолаживанием грунта и/или горной породы. При этом существует определенный предел устойчивой выработки, по достижении которого указанные параметры понижаются до такого уровня, что эксплуатация геотермальной установки становится уже нецелесообразной. Этот предел можно увеличить за счет использования переменных режимов работы [7], организованных таким образом, что в период простоя установки или существенного снижения нагрузки на неё температура выхолаженной горной породы (или грунта) в непосредственной близости от скважинного (грунтового) теплообменника будет

повышаться за счет теплопередачи от удаленных слоев, не подверженных тепловому влиянию устройства.

Следует отметить, что в существующих публикациях, посвященных добыче тепла, накопленного в глубинных слоях горной породы, довольно редко затрагивается проблема её выхолаживания вследствие отбора тепловой энергии. Иными словами, вопросам оценки эффективности и безубыточности работы геотермальной установки в течение длительного периода эксплуатации уделяется недостаточно внимания [8].

Целью настоящей статьи является исследование работы скважинного теплообменника (СТО), обустроенного в отработавшей нефтяной и газовой скважине, на переменных режимах для увеличения предела устойчивой выработки на протяжении 20 лет эксплуатации.

Постановка задачи. Исследуем работу СТО, выполненного в отдельно стоящей скважине, на переменных режимах. В качестве исследуемой рассмотрим типовую газовую скважину [5] глубиной 5 км с температурой породы в забое 130°C (данный уровень температуры приведен для начального момента эксплуатации геотермальной установки, когда отбор тепла от горной породы ещё не начинался). Внешняя труба теплообменника (эксплуатационная колонна отработавшей

скважины) выполнена из насосно-компрессорных труб $\varnothing 140 \times 10,5$ мм. Подъёмная и промежуточная колонны, которые согласно предложенной ранее схеме СТО [5, 9] отделяют нисходящий поток теплоносителя от восходящего, – $\varnothing 48 \times 4$ и $\varnothing 89 \times 6,5$ мм соответственно. В качестве теплоносителя рассматривается техническая вода, которая должна быть предварительно очищена для уменьшения коррозионного влияния на устройство.

Периодичность использования СТО целесообразно привязать к сезонным изменениям, связанным с работой системы отопления. В этом случае интенсивный отбор тепла будет приходиться на отопительный период, а в межотопительный период, когда идет незначительное потребление только на нужды горячего водоснабжения (ГВС), будет происходить восстановление теплового состояния горной породы. Регулировать отбор тепла во времени будем путём варьирования расхода теплоносителя в СТО. При этом примем продолжительность отопительного периода в полгода (с 15 октября до 15 апреля), в течение которого геотермальная установка работает при полной нагрузке с постоянным расходом теплоносителя. В межотопительный период расход теплоносителя существенно снижен и может быть непостоянным, исходя из потребностей системы ГВС. Чтобы оценить способность горной породы к восстановлению температурного состояния после выхолаживания, будем сравнивать основные показатели (температуру на выходе из СТО и его тепловую мощность) с аналогичными параметрами при её работе с постоянной максимальной нагрузкой (неизменный расход теплоносителя) в течение всего года.

Как и в любой системе теплоснабжения, в рассматриваемом случае на вход в СТО поступает обратная вода от потребителя. Несмотря на то, что при различных схемах исполнения и различной интенсивности потребления тепловой энергии температура обратной воды может существенно отличаться, в данной работе будем рассматривать вариант, когда вне зависимости от режима работы на вход в СТО вода поступает всегда с одной и той же температурой 20°C . Данное допущение на практике ближе всего соответствует случаю, когда в первом контуре тепло-

снабжения установлен тепловой насос, отбирающий от обратной воды остаточное тепло, не израсходованное потребителем.

Рассмотрим эксплуатацию СТО на протяжении 20 лет. В качестве начала отсчета времени примем момент начала отопительного периода. При этом начальный момент времени отождествим с моментом ввода геотермальной установки в эксплуатацию, то есть до него тепловое воздействие на горную породу не осуществлялось.

Методика расчета. Для определения режимных параметров СТО используем методику, предложенную нами ранее. Подробно математическая модель и алгоритм расчёта приведены в [6, 10]. Здесь отметим лишь то, что модель сформирована в сопряженной постановке и включает нестационарное уравнение теплопроводности для горной породы, подверженной тепловому возмущению от СТО, и двух квазистационарных уравнений, описывающих теплообмен между теплоносителем и прилегающим к скважине участком горной породы, а также теплообмен между восходящим и нисходящим потоками теплоносителя. Решение системы уравнений осуществляется методом конечных объёмов с использованием итерационного процесса для учёта взаимного теплового влияния теплоносителя и горной породы. Несмотря на то, что в предыдущих работах [5, 6, 10] данный подход использовался для определения изменения во времени температуры теплоносителя и тепловой мощности, отбираемой от горной породы, только при постоянном расходе теплоносителя он без изменений может быть применен и для моделирования работы СТО в случае переменного во времени расхода.

Оценка работы системы горячего водоснабжения. Проведенные предварительные расчёты показали, что оптимальная величина массового расхода теплоносителя (с точки зрения получения максимальной его температуры на выходе из СТО) составляет $1,75$ кг/с. Примем это значение в качестве постоянного расхода в отопительный период и, отталкиваясь от него, проведем оценку нагрузки на систему ГВС.

С учетом того, что при таком расходе температура теплоносителя на выходе из СТО будет составлять $65-70^\circ\text{C}$ довольно продолжительное

(до двух лет) время, получаемую при этом тепловую мощность можно оценить величиной порядка 350 кВт. Будем основываться на общепринятом соотношении: на обогрев 1 м² жилых помещений необходимо затратить 0,1 кВт тепловой энергии. Следовательно, одной рассматриваемой скважины хватит, чтобы обогреть 3500 м². Исходя из существующих социальных норм, жилплощадь, приходящаяся на одного человека, можно оценить величиной порядка 25 м². Таким образом, будем считать, что в жилых зданиях, которые в отопительный период отапливаются за счёт одной скважины, проживает 140 человек, которые в месяц (согласно нормативу 3 м³ на одного человека) потребляют 420 м³ горячей воды.

Для того чтобы нагреть эти 420 м³ в летний месяц с 15°C до 55°C необходимо затратить 70,56 ГДж энергии. Такой подогрев воды можно обеспечить за счет постоянного источника тепла мощностью 27,2 кВт. Однако реализовать его при помощи одного лишь СТО не представляется возможным. Неизменная во времени тепловая мощность СТО подразумевает постоянный расход теплоносителя (здесь мы пренебрегаем незначительным снижением мощности во времени вследствие выхолаживания горной породы, так как рассматриваемый временной промежуток относительно небольшой). Как известно, тепловой баланс для СТО имеет вид:

$$Q = G \cdot c_p \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где Q – количество тепла, отбираемое в единицу времени от горной породы, Вт; c_p – массовая удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); ΔT – изменение температуры теплоносителя в СТО, К.

С учетом того, что в рассматриваемом случае $\Delta T = 40^\circ\text{C}$, получим необходимую величину расхода $G = 0,16$ кг/с. Расчеты, проведенные с использованием математической модели [6, 10], показывают, что при таком небольшом расходе температура на выходе теплоносителя даже в первый год эксплуатации, когда выхолаживание горной породы ещё незначительно, составит всего 24°C. Данный факт обусловлен тем, что при таком медленном подъеме теплоносителя всё тепло, полученное им при прохождении глубинных слоев горной породы, успевает передаться нис-

ходящему потоку, а от последнего – в горную породу неглубокого залегания, температура которой близка к температуре нейтрального слоя. Иными словами, СТО при низких расходах не способен обеспечить требуемый уровень температуры теплоносителя на выходе. Повышение же расхода теплоносителя до величины 0,6 кг/с, при которой на выходе обеспечивается температура теплоносителя на уровне 55°C, приводит к существенному увеличению тепловой мощности (примерно до 100 кВт), то есть к выработке лишнего тепла в значительных объемах.

Решить данную проблему можно за счет циклического подвода тепла от СТО в систему ГВС, на входе в которую установлен бака-накопитель. Сразу же заметим, что бака-накопитель потребовался бы и в случае постоянного подвода тепла для компенсации пиковых нагрузок на систему ГВС. Исходя из месячного потребления горячей воды, которое мы оценили в 420 м³, получим, что в среднем за сутки система ГВС должна обеспечивать 14 м³. При двукратном запасе объема бака-накопителя будет составлять около 30 м³. Для уменьшения теплопотерь в окружающую среду его целесообразно подпитывать по два раза в сутки – перед вечерним и утренним пиковыми потреблением горячей воды. При этом каждая подпитка объемом 7 м³ с учетом того, что, как отмечалось выше, оптимальный расход составляет 1,75 кг/с, будет происходить в течение 1 ч 6 мин 40 с.

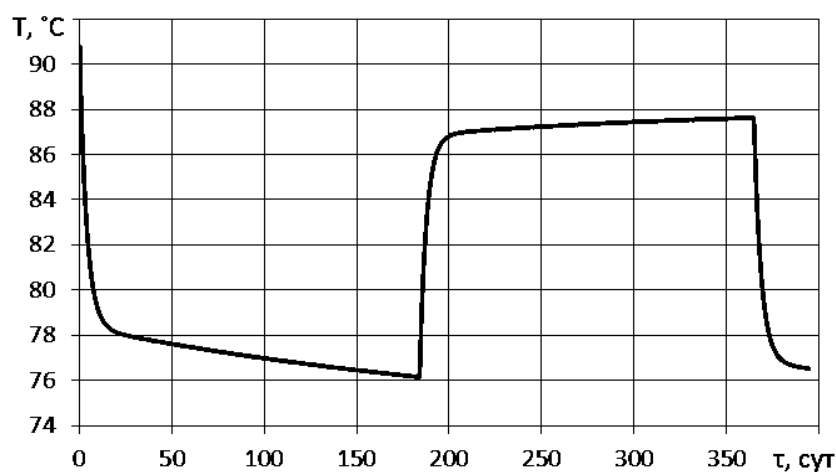
Оценим вклад влияния системы ГВС на работу СТО. Для этого сравним два варианта использования геотермальной установки. В первом варианте в отопительный период она работает постоянно с полной нагрузкой (расход теплоносителя в СТО 1,75 кг/с), а в межотопительный период – в циклическом режиме для нужд ГВС по описанному выше принципу. Второй вариант заключается в использовании геотермальной установки лишь в отопительный период с той же максимальной нагрузкой (расход 1,75 кг/с). На рис. 1 приведены графики изменения во времени температуры теплоносителя на выходе из СТО на протяжении одного года и одного месяца после ввода геотермальной установки в эксплуатацию. Рис. 1а соответствует первому варианту эксплуатации гетер-

мальной установки, рис. 1б – второму.

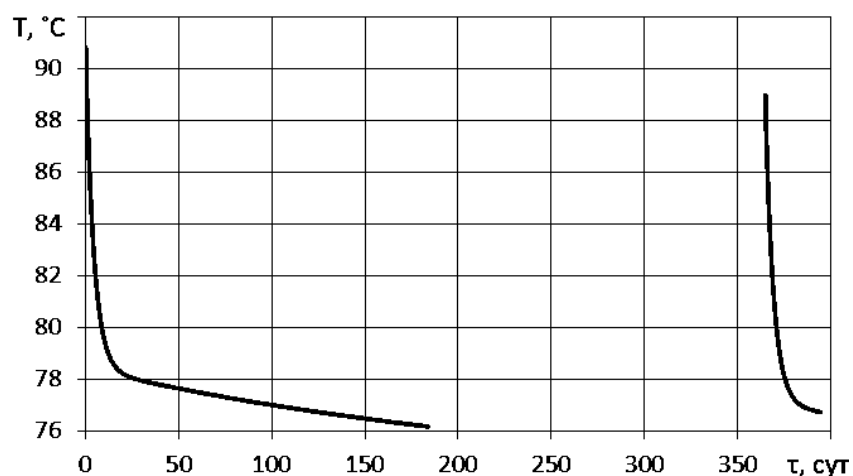
Заметим, что при оптимальном расходе теплоносителя (1,75 кг/с) даже при постоянном режиме работы, а тем более при рассматриваемом цикличном, температура на выходе из СТО получается выше необходимого уровня (55°C). Таким образом, существует запас энергии, который может покрыть теплотери из бака-накопителя и трубопроводов в окружающую среду.

Проведенные расчеты показали, что в конце

рассмотренного срока (через месяц после начала второго отопительного периода) в первом варианте температура теплоносителя на выходе из СТО составляет 76,5°C, а во втором – 76,7°C. Такая небольшая разница (0,2°C) говорит о том, что работа геотермальной установки в межотопительный период только на нужды ГВС приводит к незначительному тепловому воздействию на горную породу. Далее будем этим воздействием пренебрегать.



а)



б)

Рис 1. Изменение температуры теплоносителя: а) – обеспечение нужд ГВС в межотопительный период; б) – простой геотермальной установки в межотопительный период.

Сезонная цикличность работы скважинного теплообменника. Ниже приведены результаты, полученные в результате моделирования работы СТО для 20 лет его эксплуатации с тремя вариантами расхода в отопительный период: 1,5 кг/с, 1,75 кг/с, 2 кг/с. Так как влиянием работы

системы ГВС в межотопительный период мы пренебрегаем, то для этого промежутка времени расход составляет 0 кг/с. Для сравнения также приводятся результаты расчетов, соответствующие непрерывной работе геотермальной установки с неизменной нагрузкой в течение всех 20 лет.

На рис. 2 изображены графики зависимости температуры теплоносителя и горной породы от времени при непрерывной эксплуатации геотермальной установки в течение продолжительного периода (20 лет). Вне зависимости от расхода теплоносителя его температура на выходе и теп-

ловая мощность резко уменьшаются на протяжении первых 10-15 дней. Это связано с выхолаживанием горной породы вблизи скважины. В таблице 1 приведены значения температур, соответствующие конечному моменту рассматриваемого 20-летнего периода.

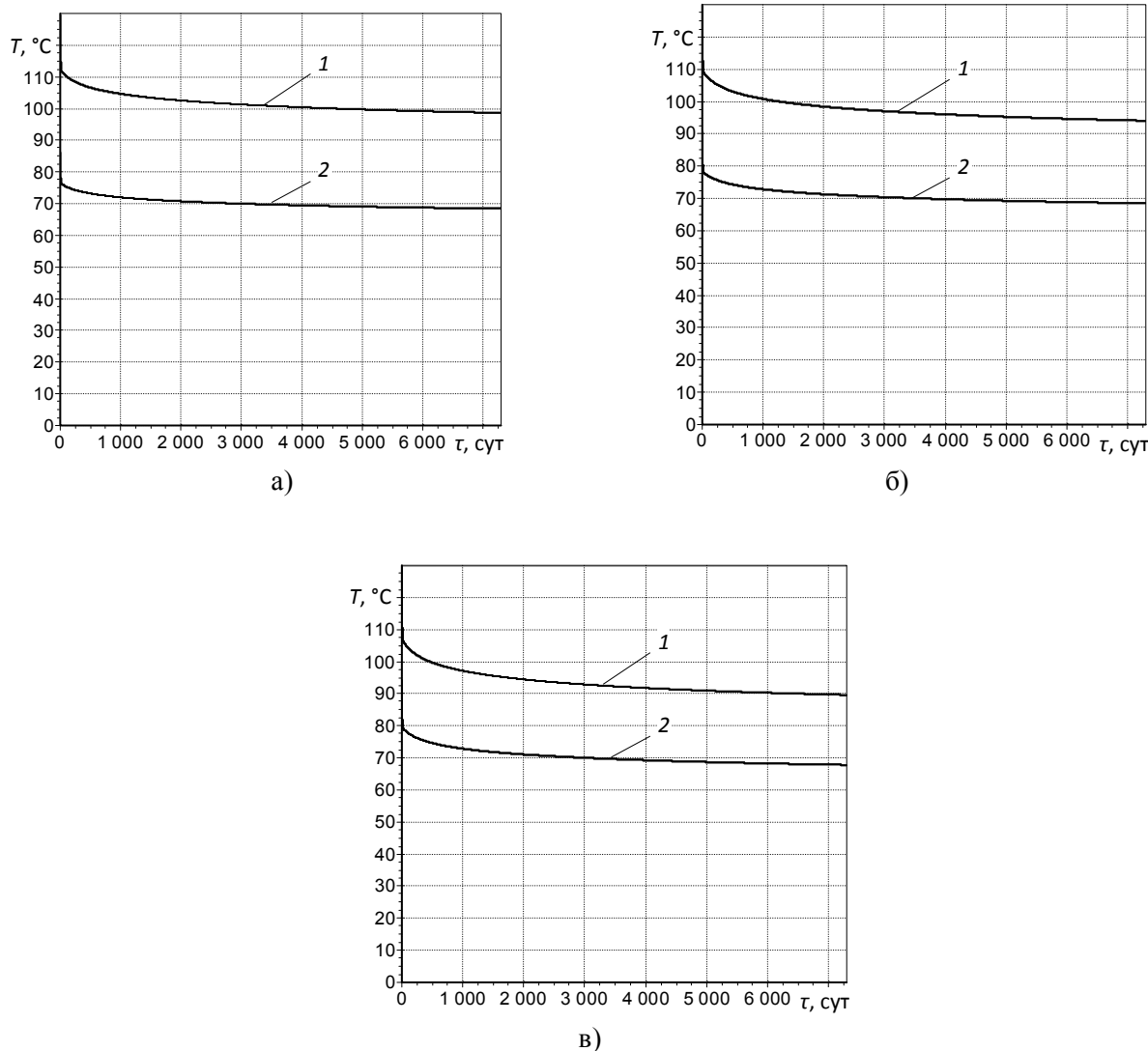


Рис. 2. Изменение температуры теплоносителя при непрерывной работе СТО: а) – расход теплоносителя 1,5 кг/с; б) – 1,75 кг/с; в) – 2 кг/с; 1 – температура теплоносителя в забое скважины; 2 – температура теплоносителя на выходе из скважины.

Таблица 1. Температурные показатели геотермальной установки спустя 20 лет ее эксплуатации с постоянным расходом теплоносителя

Расход теплоносителя, кг/с	Температура, °С	
	теплоносителя на выходе из СТО	горной породы в забое СТО
1,50	68,42	98,66
1,75	68,46	94,04
2,00	67,78	89,62

На рис. 3 изображены графики зависимости температуры теплоносителя и горной породы от времени при циклической эксплуатации геотермальной установки в течение того же 20-летнего периода. Как было сказано ранее, циклическость заключается в использовании СТО лишь в отопительный период времени, а нагрузкой ГВС в межотопительный период мы пренебрегаем. Начало работы соответствует включению отопления 15 октября, а 15 апреля геотермальная установка отключается, после чего полгода температура горной породы повышается.

Как видно из рис. 3, при каждом ежегодном включении геотермальной установки происходит резкое падение значения температуры теплоносителя на протяжении порядка 10 дней. В дальнейшем ее снижение происходит более плавно. Разница между максимальной и минимальной температурой теплоносителя на выходе из СТО в течение отопительного периода практически не изменяется за весь 20-летний срок эксплуатации. В первый год эта разница максимальна и составляет 14,6°С, каждый последующий год она не

значительно уменьшается и в 20-й год выходит на уровень 13,4°С. Если же исключить 15-дневный промежуток резкого выхолаживания горной породы, то эта разница составляет 2,4 и 1,7°С в первый и 20-й годы соответственно. Иными словами можно считать, что температура теплоносителя в течение одного отопительного периода фактически одна и та же.

Изменение температуры горной породы в забое скважины происходит с точностью наоборот. Сразу после отключения геотермальной установки происходит резкий рост температуры горной породы в течение 10 дней, в дальнейшем до окончания межотопительного периода она несущественно увеличивается. После включения СТО снижение температуры горной породы происходит по тому же сценарию – вначале резкое падение, а потом плавное понижение.

Значения температуры теплоносителя на выходе из СТО ($T_{т.н.}$) и горной породы в забое скважины ($T_{г.п.}$) в случае циклической работы геотермальной установки приведены в таблице 2.

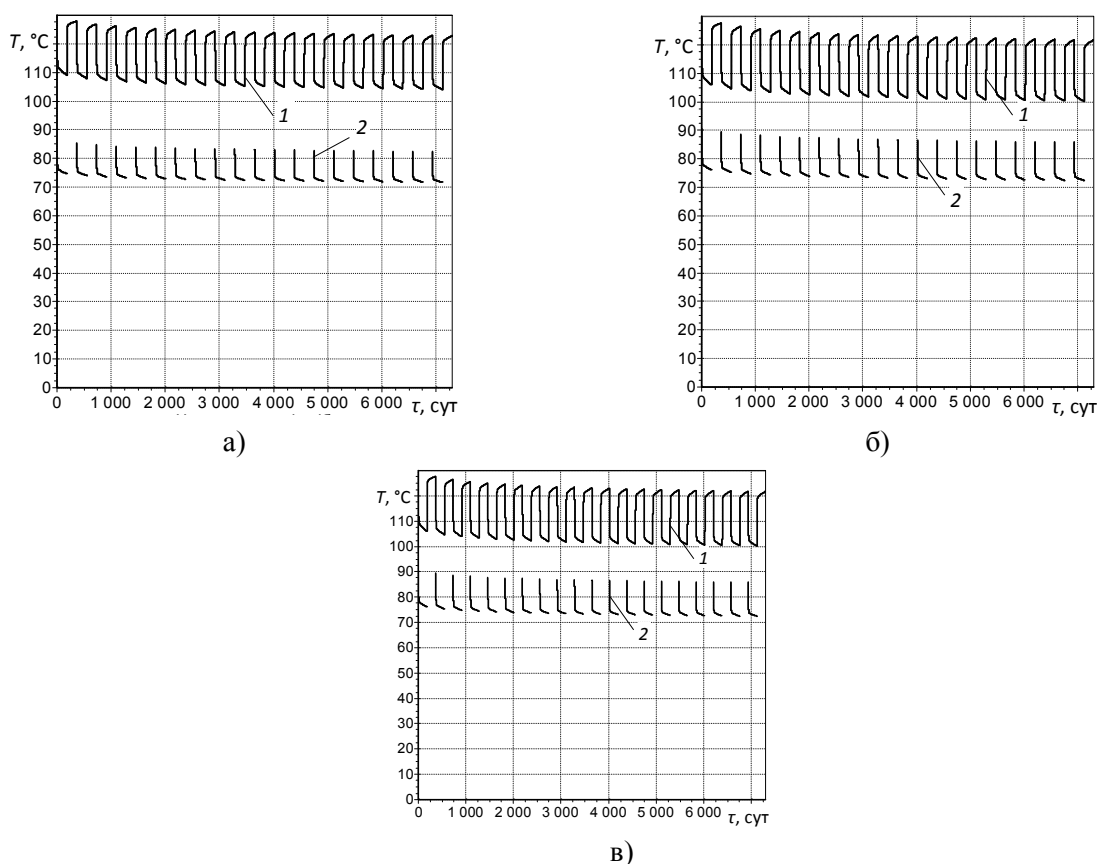


Рис. 3. Изменение температуры теплоносителя при циклической работе СТО: а) – расход теплоносителя 1,5 кг/с; б) – 1,75 кг/с; в) – 2 кг/с; 1 – температура теплоносителя в забое скважины; 2 – температура теплоносителя на выходе из скважины.

Таблица 2. Температурные показатели геотермальной установки при её цикличной работе

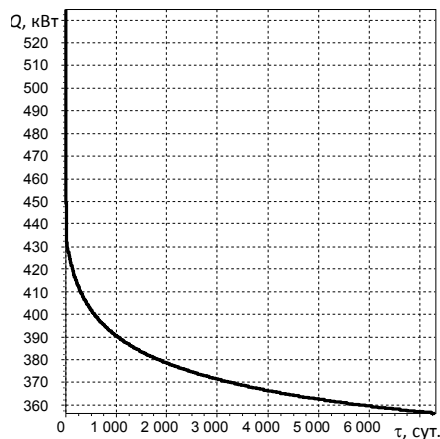
Расход теплоносителя, кг/с	Температура в конце 20-го отопительного периода, °С		Среднеинтегральное значение температуры, °С			
			за первый отопительный период		за 20-й отопительный период	
	$T_{г.н.}$	$T_{г.п.}$	$T_{г.н.}$	$T_{г.п.}$	$T_{г.н.}$	$T_{г.п.}$
1,50	71,72	104,14	75,44	110,34	72,19	101,93
1,75	72,45	100,28	77,09	107,44	73,08	101,18
2,00	72,49	96,5	77,9	104,55	73,15	97,52

Также сравним тепловую мощность, которую обеспечивает СТО в случае непрерывной и цикличной работы. На рис. 4 представлена её зависимость от времени для расхода 1,75 кг/с. Периоды резкого снижения мощности вследствие интенсивного выхолаживания горной породы и плавного её изменения соответствуют аналогичным периодам изменения температуры (см. рис. 2 и 3). Ежегодный минимум тепловой мощности наблюдается в конце отопительного периода.

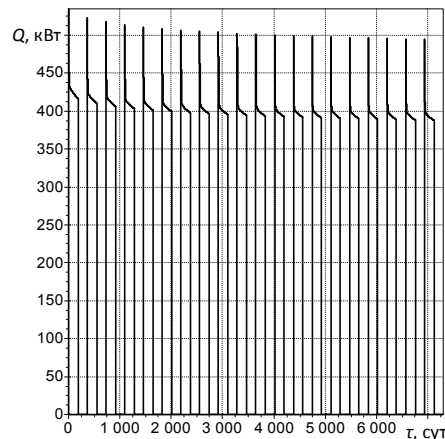
Разница между максимальной и минимальной мощностью в течение отопительного периода аналогична подобной картине для температуры: при цикличной работе она практически не

изменяется за весь 20-летний срок эксплуатации. В первый год эта разница максимальна и составляет 118 кВт, каждый последующий год она незначительно уменьшается и в 20-й год выходит на уровень 107 кВт. Если же исключить 15-дневный промежуток резкого выхолаживания горной породы, то эта разница составляет 19 и 13 кВт в первый и 20-й годы соответственно. Иными словами, за исключением первых 15 дней отопительного периода геотермальная установка способна обеспечить фактически постоянный уровень нагрузки в системе теплоснабжения.

Таблица 3 содержит основные энергетические показатели геотермальной установки.



а)



б)

Рис. 4. Изменение мощности с течением времени:

а) – при непрерывной работе СТО; б) – при цикличной работе СТО.

Таблица 3. Тепловая мощность, которую обеспечивает СТО

Расход теплоносителя, кг/с	Тепловая мощность, кВт			
	средняя за отопительный период при цикличной работе		в конце 20-летнего срока эксплуатации	
	первый отопительный период	20-й отопительный период	при цикличной работе СТО	при постоянном расходе теплоносителя
1,50	352,19	330,47	327,29	305,19
1,75	423,83	392,44	387,85	356,42
2,00	491,67	449,15	442,93	401,23

Выводы. Результаты моделирования работы геотермальной установки, которая использует петротермальное тепло глубинных (около 5 км) слоев горной породы при помощи скважинного теплообменника, обустроенного в отработавшей газовой или нефтяной скважине, позволили сделать следующие выводы.

В межотопительный сезон целесообразно организовать циклическую работу геотермальной установки для нужд горячего водоснабжения, которая заключается в подпитке бака-накопителя два раза в сутки на режиме оптимального (1,75 кг/с) расхода теплоносителя в скважинном теплообменнике.

Работа геотермальной установки на нужды системы горячего водоснабжения в межотопительный период не оказывает существенного теплового влияния на состояние горной породы по сравнению с работой на полной нагрузке.

Предел устойчивой выработки можно увеличить за счет применения циклической работы установки. При циклической работе (максимальная нагрузка в течение отопительного периода и восстановление температурного состояния горной породы в межотопительный период) через 20 лет эксплуатации температура теплоносителя на выходе из скважинного теплообменника примерно на 4 градуса, а тепловая мощность на 10% больше, чем аналогичный показатель в случае непрерывной работы геотермальной установки весь этот срок.

1. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли / Г. П. Васильев // Москва: Издательский дом "Граница", 2006. – 176 с.

2. Алхасов А. Б. Возобновляемая энергетика / А. Б. Алхасов // Москва: Физматлит, 2012. – 256 с.

3. Перспективы использования на выработанных нефтяных месторождениях скважинных теплообменников и вод артезианских горизонтов для тепло- и горячего водоснабжения / А.Б.Алхасов, М.Г.Алишаев, М.И.Исрапилов, Г.Б.Бадавов // Теплоэнергетика. – 2008. – № 12. – С. 20–26.

4. Rybach L. Shallow and Deep Borehole Heat Exchangers-Achievements and Prospects / L. Rybach, R. Hopkirk // Proceedings of the World Geothermal Congress. – Florence, Italy, 1995. – P. 2133–2137.

5. Ценципер А.И. Одержання теплової енергії з ліквідованих нафтогазових свердловин / А.І.Ценципер, А.О.Костіков, В.М.Голошапов // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 3. – С. 41–43.

6. Выбор режимных и конструктивных параметров устройства отбора тепловой энергии из отработавших нефтяных и газовых скважин / Ю.М.Мацевитый, А.И.Ценципер, В.Н.Голошапов и др. // Проблемы машиностроения. – 2011. – Т. 14, № 4. – С. 31–39.

7. Rybach L. Geothermal Sustainability – A Review with Identified Research Needs / L. Rybach, M. Mongillo // GRC Transactions. – 2006. – Vol. 30. – P. 1083–1090.

8. Vasiljev G. P. Geothermal Heat Pump Systems of Heat Supply (GHPS): Operational Experience, Technical and Ecological Aspects in Russia / G. P. Vasiljev // Energy. – 2005. – № 4. – P. 24–29.

9. Пат. 41258 Украина, МПК6 F24J 3/08. Геотермальной пристрой / А. И. Ценципер, В. М. Голошапов, А. О. Костиков. – Опубл. 12.05.09, Бюл. № 9.

10. Мацевитый Ю. М. Геометрические обратные задачи теплообмена / Ю. М. Мацевитый, А. О. Костиков. – Киев: Наукова думка, 2014. – 224 с.

REFERENCES

1. Vasilev G.P. Buildings heating and cooling using low-grade thermal energy of the surface layers of the Earth / G. P. Vasilev // Moscow: Publ. "Granitsa", 2006. – 176 p (in Russian).

2. Alhasov A. B. Renewable power generation / A. B. Alhasov // Moscow: Publ. "Fizmatlit", 2012. – 256 p (in Russian).

3. Prospects for the use in depleted oil deposits of borehole heat exchangers and water artesian aquifer for heat and hot-water supply / A. B. Alhasov, M. G. Alishaev, M. I. Israpilov, G. B. Badavov // Heat engineering. – 2008. – № 12. – pp. 20–26 (in Russian).

4. Rybach L. Shallow and Deep Borehole Heat Exchangers-Achievements and Prospects / L. Rybach, R. Hopkirk // Proceedings of the World Geothermal Congress. – Florence, Italy, 1995. – P. 2133–2137.

5. Tsentsiper A. I., Kostikov A. O., Goloschapov V. M. Receiving thermal energy from waste oil and gas wells. Oil and gas industry, 2009, no. 3, pp. 41–43 (in Russian).

6. Selection of regime and constructive parameters of extraction heat energy device from the waste oil and gas wells / Yu. M. Matsevityiy, A. I. Tsentsiper, V. N. Goloschapov, etc // Problems of Mechanical Engineering. – 2011. – Т. 14, № 4. – pp. 31–39 (in Russian).

7. Rybach L. Geothermal Sustainability – A Review with Identified Research Needs / L. Rybach, M. Mongillo // GRC Transactions. – 2006. – Vol. 30. – pp. 1083–1090.

8. Vasiljev G. P. Geothermal Heat Pump Systems of Heat Supply (GHPS): Operational Experience, Technical and Ecological Aspects in Russia / G. P. Vasiljev // Energy. – 2005. – № 4. – pp. 24–29.

9. Пат. 41258 Ukraine, МПК6 F24J 3/08. Geo-thermal device/ А. И. Tsentsyper, V. M. Holoschapov, А. О. Kostikov. – Data. 12.05.09 (in Russian).

10. Matsevityiy Yu. M. Geometric inverse problems of heat exchange / Yu. M. Matsevityiy, A. O. Kostikov // Kiev, Nauk. dumka, 2014. – 224 p (in Russian).

О.В.Бучко (Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного НАН України, Харків.), **А.О.Костіков**, докт.техн.наук (Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного НАН України, Харків, Харківський національний університет ім. В.М.Каразіна, Харків)

Циклічна робота пристрою відбору теплової енергії з відпрацьованих нафтових та газових свердловин

Представлені результати досліджень роботи свердловинного теплообмінника на різних режимах. Наведені графіки залежності температур теплоносія на виході та гірської породи в забої, а також теплової потужності від часу використання устаткування. Показано, що циклічна робота збільшує межу стійкого вироблення теплової енергії. Бібл. 10, табл. 3, рис. 4.

Ключові слова: свердловинний теплообмінник, геотермальна енергетика, межа стійкого вироблення.

Buchko A., (Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of NAS of Ukraine, Kharkiv), **Kostikov A.** (Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of NAS of Ukraine; V.N. Karazin Kharkiv National University Kharkiv)

Cyclic operation of the device of thermal energy extraction from the waste oil and gas wells

The results of the investigations borehole heat exchanger operation under different operating conditions. The graphs of the coolant temperature at the outlet, the rock temperature in the mine, and the thermal power depending on operation are given. It is shown that

the cyclical operation conditions increases the limit of sustainable heat production. References 10, tables 3, figures 4.

Keywords: borehole heat exchanger, geothermal power engineering, limit of sustainable production.

SYNOPSIS

The development of alternative energy caused by the continuous rise in prices and the depletion of traditional energy resources. Today the increasing popularity is gained by geothermal power engineering due to the possibility of stable use of thermal energy. For each geothermal installation and for each operating mode there is a certain limit of sustainable production, after which the main parameters are reduced to such a level that continued use of the installation is inexpedient.

The goal of this article - research work borehole heat exchanger equipped in the waste oil and gas well, on a variable modes to increase the limit of sustainable production for 20 years of operation.

Mathematical model of thermal physical processes which occur during the selection of thermal energy, constructed on the basis of nonstationary heat transfer equation for the rock and two quasi-stationary equations describing the heat exchange between the coolant and adjacent to the well rock site, and also heat exchange between the ascending and descending the coolant flows.

The conducted researches have shown that the limit of sustainable production can be increased by applying of cyclic operation of device. It is also advisable to use the well to provide hot water supply. It is shown that in this case it is necessary to use a storage tank in hot water supply system to prevent excess thermal power.

Стаття надійшла до редакції 20.12.17

Остаточна версія 22.02.17

X МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА - 2017
 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

7-9
листопада

IEC

МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
 Україна, Київ, Броварський пр-т, 15
 М "Лівобережна"
 ☎ +38 044 201-11-66, 206-87-86
 e-mail: energo@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр
www.tech-expo.com.ua

ОРГАНІЗАТОР:
 Міжнародний виставковий центр
 ЗА ПІДТРИМКИ:
 Міністерства регіонального розвитку, будівництва
 та житлово-комунального господарства України
 Державного агентства з енергоефективності
 та енергозбереження України
 Технічний партнер: **Ромек Media**