

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЕ

Шешунова Е.В.

ФГБОУ ВПО Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия (150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58), e-mail: ena1301@mail.ru

Возрастает зависимость мировой экономики от роста цен на энергоресурсы и опасности загрязнения окружающей природной среды. Для выхода из этой ситуации определяющим фактором является применение нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Геотермальная энергия – основной ресурсосберегающий и экологически безопасный возобновляемый тепловой источник, который характеризуется практической неисчерпаемостью, возможностью постоянного круглогодичного использования, повсеместной распространенностью ресурсов и способностью замещать значительные объемы традиционных энергоносителей. Показана целесообразность и энергетическая эффективность применения теплового насоса, использующего геотермальное тепло, для нужд животноводческой фермы. Разработана установка для получения тепла и холода с применением теплового насоса и пластинчатого теплообменника. Проведены экспериментальные испытания, которые подтвердили теоретические выводы и продемонстрировали работоспособность и энергосберегающую эффективность предложенной технологии охлаждения молока и нагрева воды. Информации, полученной в результате испытания установки, достаточно для того, чтобы на ее основе проектировать промышленные установки для одновременного охлаждения молока и нагрева воды.

Ключевые слова: энергосбережение, возобновляемые источники энергии, тепловой насос.

USE OF GEOTHERMAL HEAT WITH APPLICATION THE THERMAL PUMP ON THE CATTLE-BREEDING FARM

Sheshunova E.V.

Yaroslavl state agricultural academy, Yaroslavl, Russia (150042, Yaroslavl, Tutaevsky highway, 58), e-mail: ena1301@mail.ru

Dependence of world economy on a rise in prices for power resources and dangers of pollution of surrounding environment increases. For an exit from this situation the defining factor is application of nonconventional renewed energy sources. Geothermal energy – the basic resource-saving and ecologically safe renewed thermal source which is characterized by practical inexhaustibility, possibility of constant all-the-year-round use, universal prevalence of resources and ability to replace considerable volumes of traditional energy carriers. The expediency and power efficiency of application of the thermal pump using geothermal heat, for needs of a cattle-breeding farm is shown. Installation is developed for reception of heat and a cold with application of the thermal pump and the lamellar heat exchanger. Experimental tests which have confirmed theoretical conclusions are conducted and have shown working capacity and power saving up efficiency of the offered technology of cooling of milk and water heating. The information received as a result of test of installation, it is enough that on its basis to project plants for simultaneous cooling of milk and water heating.

Keywords: the power savings, renewed energy sources, the thermal pump.

Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии является актуальным в настоящее время, так как приводит к энергосбережению и повышению эффективности энергопотребления. Важным достоинством возобновляемых источников энергии является экологическая чистота для окружающей природной среды [1].

Результатом применения альтернативных источников энергии являются: сохранение окружающей среды за счет замещения ископаемых энергоносителей, сокращение завоза дальнепривозного топлива, снижение затрат для населения на энергосбережение.

Цель исследования – анализ обеспеченности геотермальными ресурсами территории Московской синеклизы, установление целесообразности и эффективности использования теплового насоса для нужд фермы, разработка установки для получения тепла и холода с применением теплового насоса и пластинчатого теплообменника, проведение экспериментальных испытаний для подтверждения теоретических выводов.

Геотермальная энергия – основной ресурсосберегающий и экологически безопасный возобновляемый тепловой источник, который характеризуется практической неисчерпаемостью, возможностью постоянного круглогодичного использования, повсеместной распространенностью ресурсов и способностью замещать значительные объемы традиционных энергоносителей [2].

Территория Московской синеклизы богата геотермальными ресурсами – 44.17 млрд тонн у.е. (таблица) [4]. Она включает в себя Владимирскую, Вологодскую, Ивановскую, Костромскую, Нижегородскую, Новгородскую, Тверскую и Ярославскую области.

Температура геотермальных источников энергии (грунтовых вод) довольно низкая (0 – 25 °С). Для эффективного их использования необходимо осуществить перенос энергии на более высокий температурный уровень (50-80 °С). Реализуется такое преобразование тепловыми насосами, которые являются парокомпрессионными тепловыми машинами. Использование тепловых насосов – это одно из наиболее динамично развивающихся направлений применения нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Геотермальные ресурсы территории Московской синеклизы

Название области	Площадь области, тыс. км ²	Геотермальные ресурсы при глубине залегания теплоносителя, млрд тонн у.т.		Геотермальные ресурсы двух горизонтов, млрд тонн у.т.	Ресурсообеспеченность в годах
		1700-2100 м (кембрийский горизонт)	1200-1500 м (девонский горизонт)		
Владимирская	29,0	0,11	1,42	1,53	630
Вологодская	145,7	2,51	8,24	10,75	3980
Ивановская	23,9	0,75	4,06	4,81	1100
Костромская	60,1	2,16	11,46	13,62	5900

Нижегородская	74,8	-	4,20	4,20	600
Новгородская	55,3	0,11	-	0,11	380
Тверская	84,1	1,99	0,19	2,18	1450
Ярославская	36,4	3,38	3,59	6,97	1240
Итого по Московской синеклизе	509,3	11,01	33,16	44,17	-

Тепловой насос – это универсальное устройство, которое можно использовать одновременно для нагрева и охлаждения. Затраты энергии на работу теплового насоса в несколько раз меньше той энергии, которую он производит. На рис. 1 представлена схема работы теплового насоса.

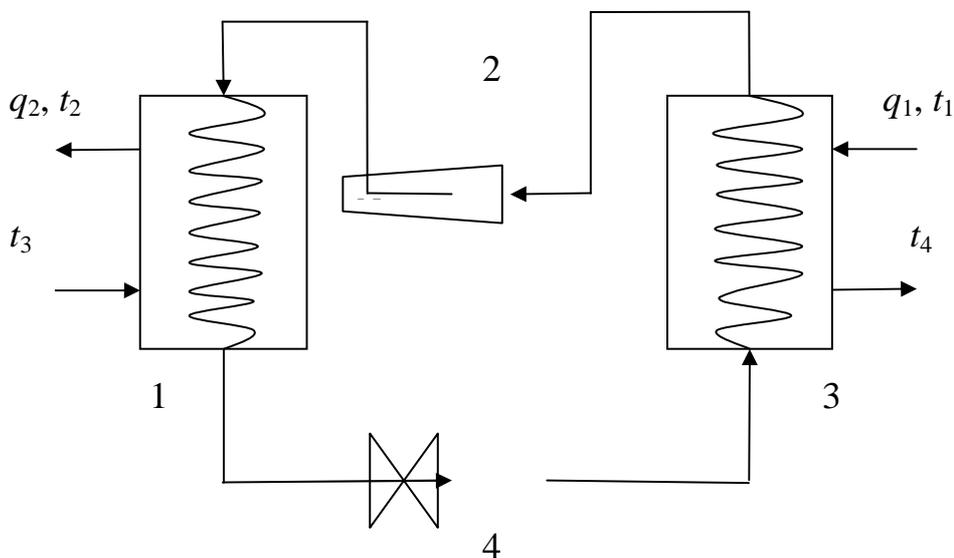


Рис.1. Схема работы теплового насоса

1 – конденсатор; 2 – компрессор; 3 – испаритель; 4 – дроссель,
 q_1 – тепловой поток, отбираемый у геотермального источника энергии (холодопроизводительность теплового насоса), Вт; t_1 – температура геотермального источника энергии (грунтовой воды), °С; q_2 – тепловой поток, передающийся нагреваемому теплоносителю (теплопроизводительность теплового насоса), Вт; t_2 – температура нагреваемого теплоносителя на выходе из теплового насоса, °С; t_3 – температура нагреваемого теплоносителя на входе в тепловой насос, °С; t_4 – температура выходящей из теплового насоса охлажденной грунтовой воды, °С; N – мощность компрессора, Вт.

В качестве источника тепла для теплового насоса используют артезианские скважины. В тепловом насосе имеется три основных агрегата (испаритель, конденсатор, компрессор) и три контура (хладоновый, водяной источника и водяной для нагрева).

Теплоноситель, проходя через испаритель теплового насоса 3, отдает собранное из окружающей среды тепло во внутренний контур теплового насоса. Внутренний контур заполнен хладагентом, который имеет низкую температуру кипения. Хладагент забирает от источника тепла необходимую энергию для испарения и переходит из жидкого состояния в газообразное. Компрессор 2 всасывает газообразный хладагент и выполняет его сжатие. За счет увеличения давления происходит повышение температуры. Хладагент направляется в конденсатор 1, в котором он отдает тепло нагреваемому теплоносителю и переходит в жидкое состояние. С помощью дросселя 4 производится снижение остаточного давления, и цикл повторяется.

Основными показателями эффективности теплового насоса являются коэффициент преобразования тепла K_T и коэффициент преобразования холода K_X [3].

$$K_T = q_2 / N$$
$$K_X = q_1 / N,$$

Коэффициенты преобразования теплового насоса зависят от величины разности температур источника и потребителя тепла, от вида источника тепла и от степени повышения давления хладагента в компрессоре.

При использовании теплового насоса на 1 кВт установленной мощности можно получить 3000 ккал холода в испарителе и одновременно 3700 ккал тепла в конденсаторе. Следовательно, в данном случае коэффициенты преобразования $K_T = 4,3$ и $K_X = 3,3$ [5].

Низкопотенциальным источником тепловой энергии для животноводческих ферм может служить также парное молоко. При охлаждении 1 л молока с 30 °С до 4-6 °С выделяется 85–100 кДж теплоты. Этого тепла, а также энергии, затраченной на привод компрессора, достаточно для нагрева 1 л воды до температуры 25–35 °С.

При использовании современных доильных установок в технологическом процессе нужна горячая вода с температурными значениями 30, 40 и 60 °С. Для охлаждения молока на животноводческих фермах используют пластинчатые теплообменники, однако, при использовании артезианской воды молоко можно охладить только до температуры 8 °С, а по технологическим требованиям необходимо охлаждение до 4 °С. Исполнение этих требований возможно при использовании теплового насоса для доохлаждения молока. Одновременно насос может нагреть артезианскую воду до требуемых температур для технологических нужд фермы.

Представляем передаточную характеристику системы охлаждения молока (рис. 2) и схему установки комплексного тепло-холодоснабжения линии первичной обработки молока на базе теплового насоса (рис. 3).

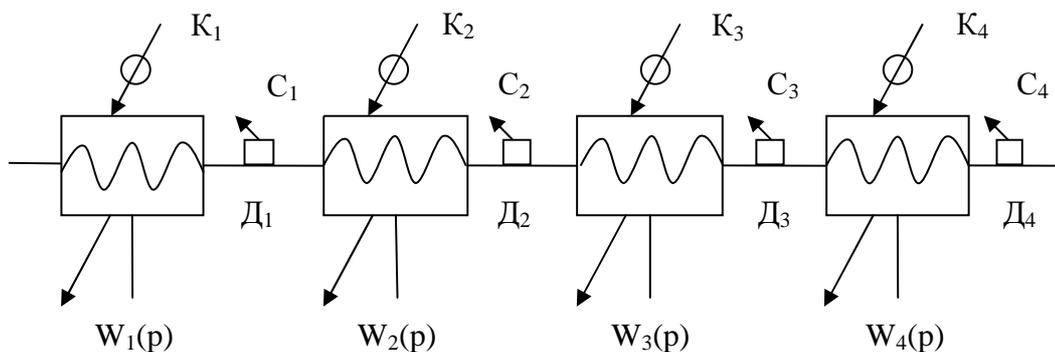


Рис. 2. Передаточная характеристика системы охлаждения молока

D_1, D_2, D_3, D_4 – датчики температуры молока; K_1, K_2, K_3 и K_4 – клапаны; ТЛО – пластинчатый теплообменник; $W_1(p), W_2(p), W_3(p), W_4(p)$ – передаточные характеристики; C_1, C_2, C_3, C_4 – сигналы, поступающие к клапанам.

Датчики температуры реагируют на температуру выходящего молока. Если температура выше необходимой, датчики посылают сигналы к клапанам, которые открываются, и увеличивается поступление холодной воды в теплообменник.

Вода, забираемая из артезианской скважины с температурой $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, поступает в тепловой насос, где охлаждается до температуры $2...4\text{ }^{\circ}\text{C}$, затем подается в пластинчатый теплообменник, охлаждая молоко до температуры $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом нагреваясь до температуры $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Часть нагретой воды поступает в тепловой насос, где нагревается до температуры $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и используется для поения животных и технологических целей. При нагреве воды в тепловом насосе одновременно получается холод, который можно использовать на дальнейшее охлаждение артезианской воды, поступающей в пластинчатый охладитель.

На основании предложенной схемы технологического процесса охлаждения молока и нагрева воды была создана экспериментальная установка, и проведены испытания.

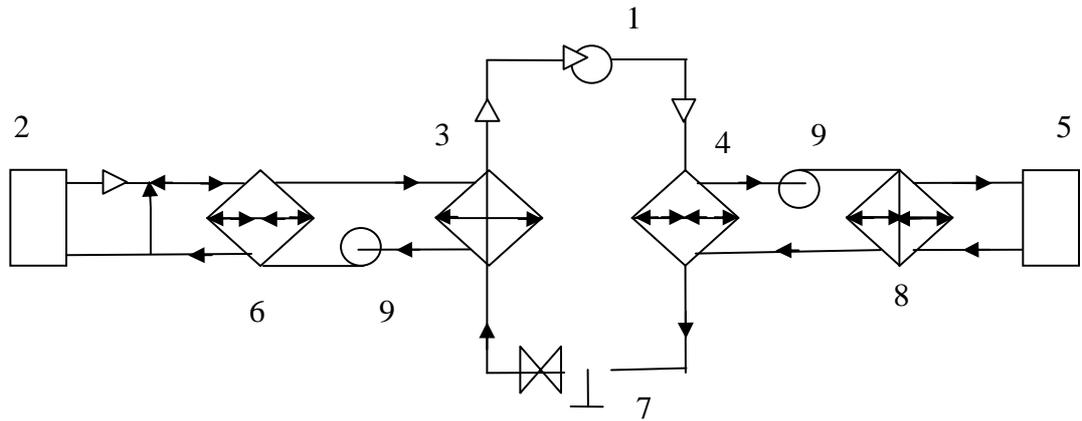


Рис. 3. Схема установки технологического процесса охлаждения молока и нагрева воды

1 – компрессор; 2 – источник теплоты низкого уровня;
 3 – испаритель теплового насоса; 4 – конденсатор теплового насоса; 5 – потребитель теплоты высокого уровня;
 6 – низкотемпературный теплообменник; 7 – регулятор хладагента; 8 – высокотемпературный теплообменник; 9 – насос.

По результатам испытаний экспериментальной установки можно сделать следующие выводы:

1. Время выхода установки на стационарный температурный режим – около часа;
2. Тепловой насос работал со средней величиной коэффициента преобразования тепла

$K_T = 4,5$ и коэффициента преобразования холода $K_X = 3,5$, которые являются оптимальными для данной установки;

3. Установка показала свою работоспособность и эффективность, она позволяет охладить

молоко до температуры $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и нагреть воду до температуры $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, доказана целесообразность и энергетическая эффективность применения теплового насоса, использующего геотермальное тепло, для нужд животноводческой фермы. Разработана установка для получения тепла и холода с применением теплового насоса и пластинчатого теплообменника. Проведены экспериментальные испытания, которые подтвердили теоретические выводы и продемонстрировали работоспособность и энергосберегающую эффективность предложенной технологии охлаждения молока и нагрева воды. Информации, полученной в результате испытания установки, достаточно для того, чтобы на ее основе

проектировать промышленные установки для одновременного охлаждения молока и нагрева воды.

Список литературы

1. Ахмедов, Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Р.Б. Ахмедов. – М.: О-во «Знание», 1988.
2. Богуславский, Э.И. Перспективы развития геотермальной технологии / Э.И. Богуславский, Л.А. Певзнер, Б.Н. Хахаев // Разведка и охрана недр. – 2000. – № 7-8. – С. 43-48.
3. Васильев, Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии в теплонасосных системах / Г.П. Васильев, Н.В. Шилкин // АВОК, 2003. – №2. – С. 52-60.
4. Научные Юзвшинские чтения – международная конференция. Декларация тысячелетия ООН спустя десять лет: итоги и перспективы. – М.: Изд-во Инфориздат, 2011. – 432 с.
5. Шешунова, Е.В. Охлаждение молока и нагрев воды с помощью теплового насоса / Е.В. Шешунова, С.А. Краснов, И.В. Кряклина // Ярославское региональное отделение Международной академии информатизации. – Ярославль: МАИ, 2010. – 9 с.: ил.

Рецензенты:

Орлов П.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой электрификации, ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ярославль.

Бобылев А.К., д.б.н., профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ярославль.