

3. Smart Microgrids – «умные энергетические микросети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2013/09/090213c.html>

4. Адомавичус В.Б., Харченко В.В., Гусаров В.А., Валицкас И.Ю. Источники регулируемой мощности в микросетях / В.Б. Адомавичус, В.В. Харченко, В.А. Гусаров, И.Ю. Валицкас // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – Вып.7. – С. 54–59.

Запропоновано концепцію мікромережі на основі переважного використання поновлюваних джерел енергії, що є новою формою реалізації ідеології розподіленої енергетики. Це вперше відкриває можливість ефективного застосування відновлюваних джерел енергії для вирішення завдання енергопостачання віддалених, в першу чергу, сільських територій, малоповерхового будівництва та автономного енергопостачання окремо розташованих одиничних об'єктів. Вперше мікромережа на основі відновлюваних джерел енергії виділена в самостійну групу серед мікромереж, що реалізуються на практиці.

Мікромережа, генерація, поновлювані джерела енергії.

The concept of microgrids on the basis of pre-emptive use of renewable energy, which is a new form of realization of the ideology of distributed power for the first time opens up the possibility of effective use of renewable energy sources to solve the problem of remote power supply, primarily in rural areas, low-rise construction and independent power supply separately disposable single objects . Micronet first time on the basis of renewable energy sources into separate group among microgrids implemented in practice.

Micronet, generation, renewable energy.

УДК 621.577.4

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ОТБОРА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОТОКОВ В ЦЕЛЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В.В. ХАРЧЕНКО, доктор технических наук

А.О. СЫЧЁВ, аспирант*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства», г. Москва

Рассмотрен вопрос теплоснабжения малоэтажных зданий с помощью теплонасосной системы на основе использования низкопотенциальной теплоты небольших водотоков. Приведён пример конструкции погружного теплообменника вода-рассол, спроектированного для работы в составе подобных систем.

*Научный руководитель – доктор технических наук, профессор В.В. Харченко
© В.В. ХАРЧЕНКО, А.О. СЫЧЁВ, 2015

Тепловой насос, низкопотенциальная теплота, водоток, погружной теплообменник вода-рассол.

Доля тепловой энергии в энергетическом балансе сельскохозяйственного производства обычно превышает 60%. Теплоснабжение является кроме того и важнейшим фактором для нового жилищного строительства и улучшения социально-бытовых условий жителей удаленных районов. Причем, если поставку электроэнергии можно обеспечить по имеющимся или вновь создаваемым сетям, то тепловую энергию (горячая вода) на значительные расстояния транспортировать не представляется возможным, т.е. ее надо производить на месте. Зачастую уголь или дрова отсутствуют, использование электроэнергии для целей отопления или получения горячей воды слишком дорого. В результате развитие производства, в основном малого и среднего бизнеса, сдерживается, социально-бытовые условия населения во многих случаях отстают от современных стандартов.

В таких условиях представляется весьма целесообразным использовать зарубежный опыт организации теплоснабжения с использованием теплонасосных установок (ТНУ), которые отличаются высокой энергоэффективностью.

В таких системах на 1 кВт·ч затраченной электрической энергии можно получать 3–6 кВт·ч тепловой энергии. По своей экономической эффективности такие системы уступают только системам отопления на основе природного газа и далеко превышают эффективность систем теплоснабжения, основанных на использовании электроэнергии, мазута, дизельного топлива и угля [3]. Поэтому они широко применяются для теплоснабжения автономных, удаленных объектов.

Цель исследований – обоснование возможности теплоснабжения малоэтажных зданий с помощью теплонасосной системы на основе использования низкопотенциальной теплоты небольших водотоков.

Материалы и методика исследований. Наиболее распространёнными, простыми и дешёвыми в монтаже являются воздушные теплонасосные установки, в которых для выработки высокопотенциальной теплоты, пригодной для целей отопления и горячего водоснабжения зданий, используется низкопотенциальная теплота, отобранная от наружного воздуха [1]. К сожалению, такие установки становятся малоэффективными при снижении температуры окружающего воздуха ниже $-5..-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и потому не могут выступать надёжными источниками тепла для регионов, характеризующихся низкими пиковыми температурами в холодное время.

Сегодня большое распространение получили теплонасосные установки с грунтовыми теплообменниками, в которых теплота приповерхностных (а иногда и более глубоких) слоев Земли используется для выработки горячей воды с заданными параметрами, которая затем используется как для отопления, так и для горячего водоснабжения. Для отбора низкопотенциальной теплоты от грунта в

таких установках применяются вертикальные или горизонтальные грунтовые теплообменники-коллекторы (рис.1).

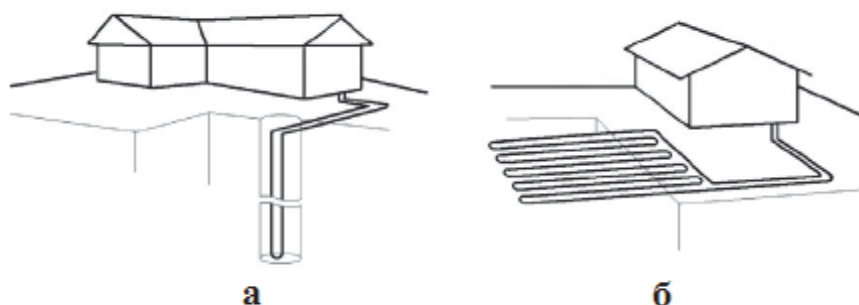


Рис. 1. Теплонасосные системы теплоснабжения с вертикальным (а) и горизонтальным (б) теплообменником-коллектором

В Швеции почти 90 % новых зданий отапливается с помощью тепла, которое извлекается из пробуренных у дома скважин. В Германии в 2005 году застройщики подали около 12 тыс. заявок на геотермальные установки, год спустя количество заявок на бурение составило уже 28,5 тыс. и продолжает расти (данные Федерального союза геотермии Германии).

Недостатком геотермальных теплонасосных систем является их высокая стоимость, обусловленная необходимостью монтажа дорогостоящих систем отбора подземной теплоты, что связано с большим объемом земляных (бурильных) работ.

Более перспективными представляются теплонаносные системы теплоснабжения, основанные на использовании тепла поверхностных водных сред и, в частности, малых водотоков, таких как каналы и небольшие реки.

Недостаточное распространение таких систем по сравнению с системами с грунтовыми теплообменниками объясняется тем, что их внедрение требует наличия водотоков как источников низкопотенциальной теплоты. Стоит отметить, что в качестве таких водотоков могут также выступать каналы мелиоративных систем, которые часто образуют развитые сети на территориях орошаемого земледелия.

Системы с использованием теплоты водотоков по своей эффективности не уступают вышеописанным ТНУ с грунтовыми теплообменниками, и даже превосходят последние, при несравненно более низких капитальных затратах.

Технологии использования низкопотенциальной теплоты поверхностных вод отработана далеко не в такой степени, как технология использования геотермальной теплоты. В России такие системы, несмотря на их простоту, распространения не получили, а исследования в данном направлении развиты слабо.

Схема с непосредственным забором воды из водоёмов и водотоков с последующим её охлаждением в испарителе теплового насоса и сбросом обратно в водоём или водоток, хотя и представляется наиболее

очевидным решением, но обладает существенными недостатками, прежде всего высокой вероятностью замерзания и засорения системы, поэтому не пригодна в большинстве случаев.

Известна схема отбора теплоты от поверхностного водоёма или водотока, при которой на дно водоёма или водотока погружается сложенная петлями труба большой длины, как правило полиэтиленовая, скреплённая различными способами и снабжённая дополнительными грузами для удержания на дне. Через трубу посредством циркуляционного насоса прокачивается нагреваемый теплоноситель. Однако подобные технические решения, хотя и просты в реализации, но демонстрируют недостаточно высокую эффективность, и зачастую оказываются совершенно непригодными для размещения в малых водотоках. Основным недостатком описанной схемы в целом является низкая интенсивность теплообмена между водной средой и трубой, что влечёт за собой следующие последствия:

- повышенную материалоемкость из-за необходимости использования трубы большой длины и, в ряде случаев, изготовления для неё рамы большого размера или нескольких рам, а также значительный объём теплоносителя, необходимого для заполнения трубы;

- необходимость наличия достаточного по размеру, доступного для размещения конструкции участка водотока;

- повышенные затраты энергии на прокачку теплоносителя вследствие значительной длины трубы;

- увеличенное расхождение между температурой теплоносителя на выходе из трубы и средней температурой водотока, что особенно проявляется при наличии на дне слоя илистых отложений, ограничивающих конвективный теплообмен и увеличивающих градиент температуры между трубой, погруженной в эти отложения, и основной массой воды в верхней части водоёма.

Последний показатель имеет большое значение, так как максимальное приближение температуры теплоносителя к температуре источника низкопотенциальной теплоты позволяет добиться наивысших показателей производительности и эффективности теплового насоса.

Из перечисленных недостатков описанной выше схемы также наиболее существенным является необходимость использования значительного количества теплоносителя-антифриза, требуемый объём которого измеряется в сотнях и тысячах литров. В качестве теплоносителя в настоящее время используют водный раствор либо этиленгликоля, либо пропиленгликоля. При этом этиленгликоль является токсичным веществом и представляет опасность для человека и окружающей среды, а также характеризуется достаточно высокой вязкостью и коррозионной активностью, а пропиленгликоль, хотя и является безопасным, но обладает чрезмерно высокой вязкостью при низких температурах и характеризуется высокой стоимостью, что делает его использование в контуре отбора низкопотенциальной теплоты крайне невыгодным. Так, стоимость

теплоносителя на основе пропиленгликоля, необходимого для заполнения приведённых выше конструкций из полиэтиленовых труб, существенно превышает стоимость самих полиэтиленовых труб и прочих составляющих. Таким образом, использование применяемых сегодня теплоносителей существенно увеличивает стоимость системы и, вследствие высокой вязкости, существенно снижает эффективность её работы.

Результаты исследований. Проведённые нами исследования позволили сделать вывод, что наиболее перспективным представляется использование в качестве теплоносителя раствора хлорида кальция, который характеризуется малой вязкостью, низкой стоимостью и экологической безопасностью [2].

Увеличение эффективности отбора теплоты от водотока возможно достичь за счёт использования естественного движения воды в направлении течения для интенсификации теплообмена. Нами был сделан вывод, что альтернативой применяемым в настоящее время способам отбора теплоты от водотока могут стать погружные металлические теплообменники вода-рассол нескольких конструкций, среди которых наиболее очевидными являются конструкции в виде плоского змеевика из металлических труб круглого сечения или в виде многорядной трубной решётки (рис. 2).

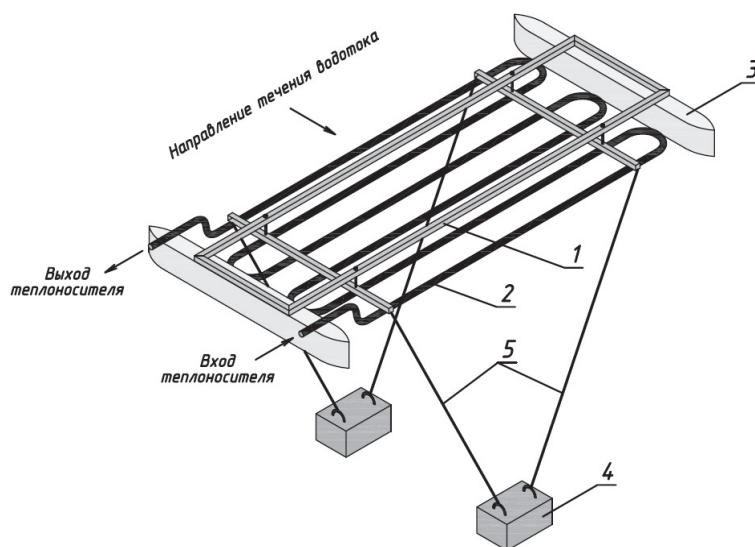


Рис. 2. Принципиальная схема плавучего теплообменника для небольшого водотока:

1 –рама; 2 – трубы; 3 – поплавки; 4 – грузы-якоря; 5 – тросы

Улучшение параметров теплообмена достигается за счёт использования естественного движения воды в направлении течения для интенсификации теплообмена. Известно, что скорость течения воды в открытом русле принимает наибольшие значения вблизи поверхности, а в случае наличия ледяного покрова зона наибольшей скорости течения смещается вглубь, ближе к середине потока. Для обеспечения возможности расположения теплообменника в зоне наибольшей скорости течения он

снабжён поплавками, придающими ему плавучесть, а также тросами и грузами-якорями, благодаря чему теплообменник можно расположить и удерживать в зоне наилучшего теплообмена (рис. 3,4). Улучшение теплообменных характеристик также происходит за счёт того, что при такой конструкции и расположении теплообменника в русле обеспечивается поперечное обтекание потоком воды прямых участков трубы змеевика, что интенсифицирует процесс теплопередачи.

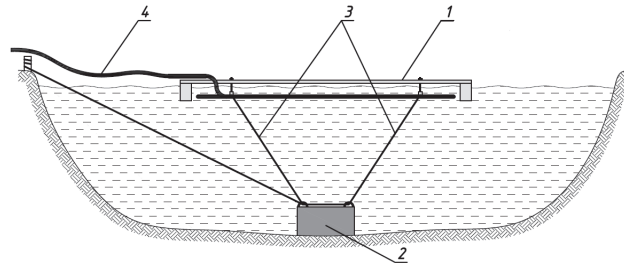


Рис. 3. Расположение плавучего теплообменника в русле водотока:
 1 – теплообменник; 2 – грузы-якоря; 3 – тросы; 4 – гибкие подводки

При использовании устройства в условиях замерзающего водотока на период наличия ледяного покрова его целесообразно подтягивать тросами ближе ко дну (см. рис. 4, б,г), а в остальное время удерживать у поверхности водотока (см. рис. 4, а,в). Таким образом змеевик будет находиться в зонах наибольшей скорости течения и не окажется вмёрзшим в лёд. При этом даже существенное уменьшение уровня воды в русле не приведёт к осушению трубы змеевика, так как устройство начнёт опускаться вслед за уровнем воды.

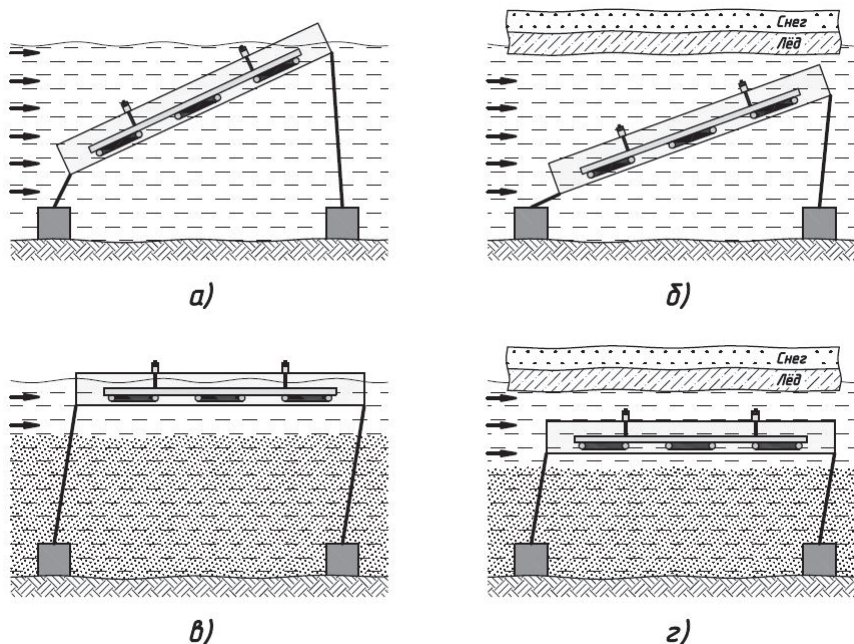


Рис. 4. Примеры расположения теплообменника в русле в зависимости от условий:

а – чистое русло; б – наличие ледяного покрова; в – заиленное русло;
 г – наличие донного ила и ледяного покрова

Для испытания описанного метода отбора теплоты от водотока, а также для проверки других технических решений, направленных на повышение технико-экономических характеристик теплонасосных установок, была собрана экспериментальная установка, которая представляет собой теплонасосную систему отопления и кондиционирования жилого дома типа вода-воздух теплопроизводительностью до 7 кВт (рис. 5), в состав которой входит теплообменник вода-рассол описанной конструкции (рис. 6).

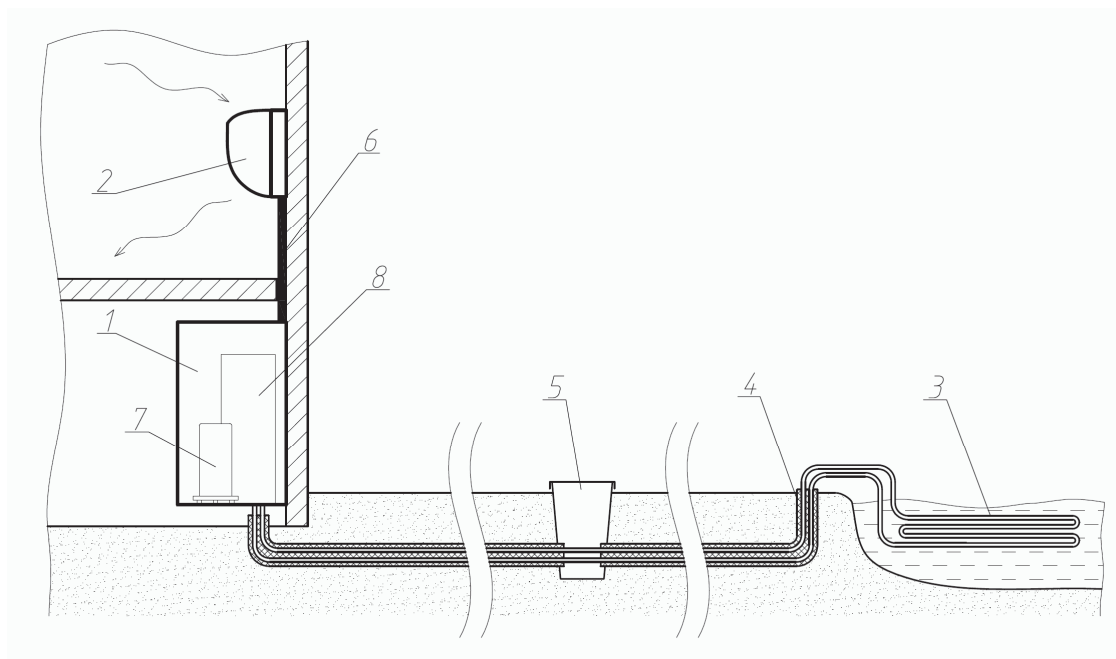


Рис. 5. Принципиальная схема экспериментальной установки:
 1 – внешний блок ТН; 2 – внутренний блок ТН; 3 – теплообменник вода-рассол; 4 – утеплённый подземный трубопровод;
 5 – инспекционный колодец, точка подключения дополнительных источников НПТ; 6 – фреоновод; 7 – компрессор ТН;
 8 – теплообменник рассол-фреон



Рис. 6. Экспериментальный образец плавучего теплообменника

Выводы. Первые испытания показали высокую эффективность такой системы. Внедрение в практику этого и других решений, способных снизить стоимость теплонасосных установок и срок их окупаемости, поспособствовало бы более широкому распространению подобных систем.

Список литературы

1. Автономные системы теплоснабжения на основе тепловых насосов воздух-вода / В.А. Гусаров, В.В. Харченко, А.О. Сычёв [и др.] // Энергетика и автоматика. – 2013. – № 3. – С. 67–71.

2. Харченко В. В. Оптимизация низкотемпературного контура теплонасосной установки на основе теплоты поверхностных вод / В.В. Харченко, А.О. Сычёв // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 7. – С. 31–36.

3. Chemekov V. V. The heat supply system for a self-contained dwelling house on the basis of a heat pump and wind power installation / V. V. Chemekov, V. V. Kharchenko // Thermal Engineering. – 2013. – Т. 60, № 3. – С. 212–216.

Розглянуто питання теплопостачання малоповерхових будівель за допомогою теплонасосної системи на основі використання низькопотенційної теплоти невеликих водотоків. Наведено приклад конструкції заглибного теплообмінника вода-розсіл, зпроектованого для роботи у складі подібних систем.

Тепловий насос, низькопотенційна теплота, водотік, заглибний теплообмінник вода-розсіл.

Questions of the organization of a heat supply of low-storeyed buildings with the help of heat pump systems functioning on the basis of low potential heat of small watercourses are considered. The example of a design of the submersible water-brine heat exchanger designed for work as a part of similar systems is given.

Water-source heat pump, low-grade heat, watercourse, submersible water-brine heat exchanger.

УДК 62.644.1

ТЕМПЕРАТУРА РОСЛИНИ ЯК ПАРАМЕТР ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ

**В.П. ЛИСЕНКО, доктор технічних наук
В.М. МІРОШНИК, І.М. БОЛБОТ, кандидати технічних наук
Т.І. ЛЕНДЄЛ, аспірант***

Показано, що при вирощуванні овочевої продукції поряд з тепловими характеристиками навколишнього середовища важливою є інформація про температуру рослин. Проаналізовано залежності температури рослин від освітленості в теплиці.

Фітостан, температурний режим, теплиця, мікроклімат.

*Науковий керівник – доктор технічних наук, професор В.П. Лисенко
© В.П. ЛИСЕНКО, В.М. МІРОШНИК, І.М. БОЛБОТ, Т.І. ЛЕНДЄЛ