

УДК 620.92

МАЛОПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В.В. Кириллов, З.Д. Сейдакматова, К.В. Заиченко

Рассматриваются энергетические и экологические градации слабopотенциальных, малopотенциальных и низкopотенциальных источников тепла, актуальность их использования, принцип преобразования с использованием тепловых насосов и установок, оборудование и технологии использования низкopотенциальной теплоты, принцип действия тепловых насосов.

Ключевые слова: система теплоснабжения; низкopотенциальная тепловая энергия; тепловой насос; грунт водоемы; сточные воды, утилизация.

LOW-POTENTIAL HEAT SOURCES AND THEIR USE

V.V. Kirillov, Z.D. Seydakmatova, K.V. Zaichenko

The article regards the power and ecological gradation of weak-potential, low-potential and low grade heat sources, relevance of their use, the principle of transformation with use of thermal pumps and installations, the equipment and technologies of use of low-potential warmth, the principle of thermal pumps operation.

Keywords: heat supply system; low-potential thermal energy; heat pump; soil ponds; sewage; utilization.

Исчерпание запасов ископаемого топлива делает все более актуальной возможность энергообеспечения промышленных предприятий и теплоснабжения зданий и сооружений за счёт энергосберегающих технологий нетрадиционных источников энергии и утилизации низкopотенциального тепла, которые имеют ряд преимуществ перед традиционным топливом. Проблема по утилизации низкopотенциального тепла актуальна по всей технологической последовательности при выработке и потреблении энергии. Отработанная тепловая энергия с низким энергетическим потенциалом сбрасывается в окружающую среду и способствует загрязнению окружающей среды, создавая парниковый эффект и увеличивает себестоимость производства энергии.

Исключение холостого сброса низкopотенциального тепла, которое подлeжит повторной регенерации, позволит обеспечить энергосбережение с наименьшими экономическими и экологическими затратами. Кроме экономической выгоды, нетрадиционные энергосберегающие технологии не оказывают негативного воздействия на окружающую среду, и имеют значительные преимущества за счёт автономности систем теплоснабжения.

При проектировании зданий, находящихся далеко от действующих теплоснабжающих предприятий, появляются проблемы оптимального

и экономически эффективного теплоснабжения. В этой связи достаточно эффективным направлением является использование геотермальной энергии, содержащейся в недрах земли. Существует два вида тепловой энергии поверхностных слоев земли – высокопотенциальная и низкopотенциальная. Высокопотенциальная тепловая энергия – это гидротермальные ресурсы, т. е. вода, нагретая в результате геологических процессов до достаточно высокой температуры. Однако не всегда объекты теплоснабжения расположены в месте, где присутствуют геотермальные месторождения. Малopотенциальная тепловая энергия – энергия, имеющая температуру незначительно выше температуры окружающей среды, которую можно использовать для теплоснабжения, холодоснабжения, а также для подогрева дорожек в зимнее время года, устранения обледенения, подогрева полей на стадионах и т. д. Низкopотенциальную тепловую энергию можно разложить на более узконаправленные возможности по фиксированному диапазону использования температуры: это слабopотенциальные источники с фиксированными точками от 0 до 20 °С. В низшей точке к этому классу относятся фреоны (CFCl₃, CF₂Cl₂), спирты, эфиры, воздух (O₂), азотная, серная кислоты. Малopотенциальные источники – в диапазоне от 20 до 60 °С (температура жизнедеятельности основных

микроорганизмов теплолюбивых млекопитающих, в том числе и человека); низкопотенциальные с температурой больше 100–120 °С – это температура кипения воды и водных растворов поваренной соли; среднепотенциальная энергия в диапазоне от 120 до 700 °С температура насыщенного парообразования, пригодного для работы в парогазовых турбинах различного типа; высокопотенциальная энергия – это температура выше 700 °С. Несмотря на то, что низкотемпературные источники в общем объеме вторичных энергоресурсов составляют порядка 50 % по теплоте, они практически не используются [1].

Основным фактором, сдерживающим утилизацию теплоты, рассеянной в земле, в естественных водоемах, грунтовых водах, атмосферном воздухе, а также сбросной теплоты, является их относительно низкий температурный потенциал и большая рассредоточенность. Для утилизации низкопотенциальной энергии окружающей среды эффективно используются теплонасосные установки (работающие по принципу работы холодильной камеры), эксплуатационные характеристики которых напрямую зависят от характеристик низкопотенциальных источников тепла (НИТ) – это тепловые, энергетические, экономические и экологические показатели. В этом отношении особое внимание следует обратить на тепловые насосы – установки, позволяющие при небольшом количестве затраченной энергии повысить потенциал тепла низкотемпературных источников до необходимого уровня. На сегодняшний день исследование тепловых насосов для теплоснабжения – это весьма актуальное направление создания теплоэнергетических установок, эффективно использующих низкотемпературную теплоту. Тепловые насосные установки (ТНУ) широко применяются для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования, в процессах сушки дерева, бумаги, зерна, для обогрева теплиц, производства пищевых продуктов, для опреснения, дистилляции воды и во многих других областях [2].

Использование тепловых насосов наиболее перспективно в комбинированных преобразованиях, в этом случае суммарная мощность оборудования составляет порядка 4 800 МВт. Одно из основных направлений использования низкопотенциальной энергии – это преобразование энергии Солнца. Например, в Швеции это составляет 377 МВт, в Канаде – 360 МВт, в Австралии – 228 МВт, Швейцарии – 300 МВт, Германии – 344 МВт и т. д. В Кыргызстане это направление пока ещё развито недостаточно, однако уже имеется ряд объектов, суммарная мощность которых составляет порядка 0,2 МВт. Использование потенциал НИТ и опыт их

утилизации позволит внести определённый вклад в энергетику страны. Функция утилизации зависит от потенциала и наличия источника тепловой энергии. Суточный потенциал бросового тепла в виде сточных вод исчисляется в 7200 м³, с температурой 25 °С. Помимо сточных вод имеются и другие низкопотенциальные источники, к которым можно отнести:

- грунт (поверхностные и глубинные слои земли);
- водоемы (озеро, река и т. п.);
- грунтовые и подземные воды;
- окружающий воздух;
- искусственные источники низко потенциального тепла:
- удаляемый вентиляционный воздух;
- промышленные сбросы;
- тепло технологических процессов;
- бытовые тепловыделения и т. п.

В идеале источник тепла должен поддерживать стабильно высокую температуру в течение отопительного сезона, быть возобновляемым, иметь достаточные запасы, не содержать агрессивную среду, иметь благоприятные теплофизические характеристики и низкие эксплуатационные расходы. В большинстве случаев НИТ является ключевым фактором, определяющим эксплуатационные характеристики ТНУ, и соответствует температурному градиенту потребителя согласно СНиП, характерному для основных источников тепла, используемых в системах на основе тепловых преобразователей в режиме отопления [3].

Анализ часто используемых НИТ и особенности их эксплуатации показывает, что, использование воздуха от коммунальных и промышленных вентиляционных выбросов для теплоснабжения, сопровождается определёнными потерями, а именно: воздух обладает пониженным фактором нагрузки – в среднем на 10–30 % ниже по сравнению с тепловыми насосами “вода–вода”. Воздух является легкодоступным источником тепловой энергии, которую можно непосредственно преобразовывать в теплонасосной установке (ТНУ). Зачастую, при проведении мероприятий по модернизации и реконструкции ограждающих конструкций зданий, происходит разрушение вентиляционных шахт, в результате чего выбросы, составляющие значительную часть тепловых потерь, увеличиваются. При проведении модернизации рекомендуется сооружение систем приточно-вытяжной вентиляции, технические возможности которых позволяют производить круглогодичную утилизацию тепла вентиляционных выбросов тепловыми насосами.

Тепловые насосы “вода–вода” используют тепло подпочвенных (грунтовых) вод, открытых водоемов или технологической охлаждающей воды.

Грунтовые воды широко распространены и имеют достаточно стабильную температуру в диапазоне от 7 до 12 °С в течение всего года. По сравнению с другими НИТ, вода обеспечивает наименьшую разность температур ($T_k - T_0$) и, соответственно, наиболее высокий коэффициент преобразования. Для ее использования главным образом применяются искусственно создаваемые колодцы и грунтовые скважины: водозаборные и водоприемные (т. н. нагнетательные). В водозаборных колодцах и скважинах размещают одноступенчатые либо многоступенчатые водяные насосы, подающие воду в испарители ТНУ. Для эффективной работы ТНУ и предотвращения охлаждения воды, использованную воду нельзя возвращать в заборную скважину. Необходимо предусматривать сброс отдавшей тепловую энергию воды в другую скважину на определенном расстоянии так, чтобы направление течения подземных вод было от места сброса к месту забора с целью исключения “обводного” потока. Для небольших объемов подаваемой воды (одно- и двухквартирные жилые дома) расстояние между подающим и приемным колодцами должно быть не менее 5 м. Водоприемный колодец должен располагаться таким образом, чтобы точка выхода воды находилась ниже уровня грунтовых вод. В зависимости от конструкции системы, начальной температуры воды, грунтовая вода в испарителе ТНУ охлаждается максимально на 5 °С [2].

Грунтовое тепло – это накопленное солнечное тепло, которое переходит в грунт благодаря прямому обогреву его солнечными лучами, передаче тепла от воздуха или выпавших атмосферных осадков. Полезное количество тепла, и, следовательно, площадь необходимой поверхности теплообмена, существенно зависят от теплофизических свойств грунта и энергии инсоляции, т. е. от климатических условий. Термические свойства (объемная теплоемкость и теплопроводность) сильно зависят от состава и состояния грунта, которые тем выше, чем сильнее грунт насыщен водой, чем выше доля минерализации составляющих, и чем меньше содержание в нем пор с воздухом.

Температура почвы на определенной глубине положительна (зависит от широты местности) и по мере углубления она растет. Тепловая энергия, содержащаяся в почве, при помощи циркуляционного насоса посредством теплообменника (абсорбера) и теплоносителя передается в ТНУ. Теплоносителем может служить незамерзающая, экологически безопасная жидкость. В зависимости от требуемой мощности, теплообменник может

быть помещен в землю на различную глубину. Для получения большой тепловой мощности рекомендуется скважина глубиной 100–150 м. Для получения низких мощностей достаточно поместить плоский теплообменник или траншейный коллектор на глубину 1,5–2 м. Недостаток установки теплообменника на малую глубину – вероятность промерзания почвы из-за постоянного отбора тепла. Наиболее эффективным и надежным способом является бурение скважин и установка теплообменников на большой глубине – более ста метров.

Отработанное тепло промышленных предприятий, сбрасываемое по завершению технологического цикла, теряется безвозвратно. При технологических процессах на промышленных предприятиях образуется большое количество низкотемпературной тепловой энергии – более 1,34 МВт, которая в дальнейшем технологическом цикле не используется, а наносит вред окружающей среде. В зависимости от конкретных условий, отработанную тепловую энергию можно использовать в ТНУ для теплоснабжения цехов, мастерских, складов промышленного предприятия и т. д. В частных домах и жилых многоквартирных домах отработанная тепловая энергия используется крайне редко из-за рассеянной плотности тепла, а также зависимости от графика работы промышленного оборудования и удаленности потребителя от НИТ [1].

Сточная вода, однократно потребляемая промышленными предприятиями (около 40 % всего объема), в конечном счете сбрасывается в канализацию и в естественные водоемы. Современные требования по защите окружающей среды предусматривают, чтобы промышленные и коммунально-бытовые стоки перед сбросом в водоемы проходили сложную систему очистки на водоочистных сооружениях или на станциях аэрации (в крупных городах). В городских коллекторах и за очистными сооружениями температура сточных вод будет ниже вследствие потерь тепла в городских канализационных сетях. Сточные воды, имеющие практически постоянные и значительные расходы, и небольшие изменения температуры зимой и летом, являются привлекательными источниками низкопотенциальной энергии для тепловых насосов, такие стоки обозначаются “серыми” или “черными”. “Серыми” называют сточные воды от бытовых и хозяйственных нужд: стирка, мытье посуды, полов, вода от ванн, душевых кабин и пр. “Черными” называют сточные воды, содержащие бытовые загрязнения [3].

Температура сточных вод (по сравнению с воздухом) по месту концентрации их потоков в течение года изменяется незначительно,

примерно на 8–10 °С. Это зависит от колебания температуры воздуха: январь-февраль – 0 август – 32 °С и от места расположения устройств для отбора тепла. Промышленные и бытовые НИТ имеют принципиально различный состав и потенциал остаточной энергии. Это необходимо учитывать при разработке конструкций теплообменных устройств и рассчитывать их на большие, средние и малые равномерные расходы сточных вод, температура которых почти не изменяется на протяжении года – зимой она выше температуры окружающей среды, а летом – ниже. График сравнения представлен на рисунке 1, где синяя кривая показывает температуру сточных вод и обеспечивает обогрев; красная – температуру воздушных сбросов и может использоваться для кондиционирования. Установки, работающие на отборе тепла из городских коллекторов и вентиляционных отходов, можно широко использовать в социальной-бытовой сфере.

Для эффективного и экономически выгодно использования теплового потенциала сточных вод целесообразно применять крупные теплонасосные станции большой мощности. Несмотря на значительную эффективность при отборе низкопотенциального тепла, такой способ требует значительных капиталовложений для проведения проектных работ и строительства теплонасосных сооружений, а также для комплектования квалифицированного персонала для их обслуживания. В случае расположения НИТ вдали от потенциальных потребителей, возникают сложности при использовании полученной энергии, что может привести к дополнительным затратам и снизить экономическую эффективность. Установки, работающие на сточных водах от групп потребителей (многоквартирные жилые дома или их секции), характеризуются тем, что температура сточных вод в этом случае выше, чем в городских коллекторах. Это вызвано близким расположением установок к НИТ, вследствие чего теплопотери в канализационных сетях снижаются, а эффективность преобразования увеличивается.

При эксплуатации установок с возвратом тепла сточных вод, работающих на канализационных выпусках в городскую сеть от групп потребителей, для их эффективной эксплуатации и энергосбережения определяется ряд условий: установка должна быть простой в обслуживании и надежной, должна иметь простую и дешевую в изготовлении конструкцию теплообменного аппарата; малый срок окупаемости [4].

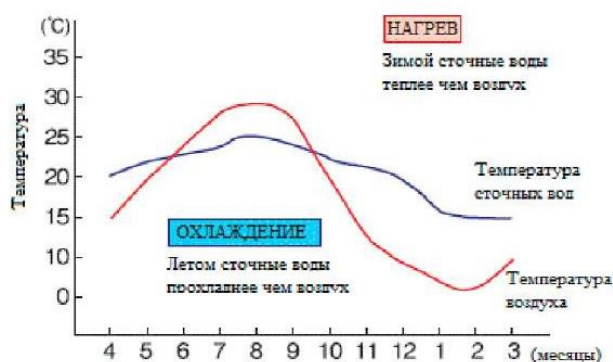


Рисунок 1 – Сравнение среднегодовых температур сточных вод и воздуха

При проектировании оборудования автономной индивидуальной установки, работающей на отборе тепла сточных вод непосредственно у потребителя, необходимым условием является наличие источника теплоснабжения. Потребителем может являться квартира, частный дом или другие мало-мощные потребители. Требования к такой системе такие же, как и для установок отбора тепла у групп потребителей. Малые мощности увеличивают срок окупаемости, снижают надежность и долговечность. Индивидуальный подход к проектированию требует специальных расчётов при конструировании теплообменных аппаратов, которые должны обеспечить высокие показатели эффективности работы при малых значениях перепадов температуры, малые габариты и приемлемую стоимость изготовления.

Литература

1. Закиров Д.Г. Использование низкопотенциальной теплоты. Книга 1 / Д.Г. Закиров, А.А. Рыбин. М.: РУСАЙНС, 2015. 158 с.
2. Васильев Г.П. Автоматизированная теплонасосная установка, утилизирующая низкопотенциальное тепло сточных вод г. Зеленограда / Г.П. Васильев, Н.В. Шилкин, И.М. Абуев, В.Ф. Горнов // АВОК. 2004. № 5.
3. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. 2003. № 2.
4. URL: <http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php Felix Schimid, energy-engineer FH, Swissenergy agency for infrastructure plants. Swage water: interesting heat source for heat pump and chillers.>