

будучи еще в перегретом состоянии, охлаждается до температуры, близкой к температуре насыщения при данном давлении в теплообменном аппарате, и направляется в конденсатор, где и конденсируется.

Классификация рабочих тел по стоимости: с низкой (Н) стоимостью – не более 5 бел. руб./л, средней (С) – 5–15 бел. руб./л, высокой (В) – более 15 бел. руб./л. При этом средний расход хладагента на выработку 1 кВт · ч электроэнергии в ОЦР значительно (примерно в 10 раз) превосходит аналогичный расход водяного пара в классическом цикле Ренкина и зависит от теплофизических свойств НКРТ. Таким образом, при выборе рабочего тела необходимо обращать внимание не только на его эффективность, но и на стоимость.

Анализ полученных результатов показывает, что использование промежуточного перегрева в ОЦР приводит к повышению эксергетической эффективности цикла. В среднем прирост эксергетического КПД составляет 4,28 %, а для некоторых рабочих тел значительно превосходит данный результат (например, 8,14 и 6,56 % для R717 и R32, соответственно), что обусловлено их теплофизическими свойствами.

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ СИСТЕМ В ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА**

**Д. А. Бекаревич, Е. В. Соловей, Н. М. Кидун**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. В. Шаповалов

**Трансформация тепла.** Под термином «трансформация теплоты» понимается процесс снижения и/или повышения температуры исходной теплоты в комплексах, состоящих из тепловых машин, работающих в режиме прямого и обратного термодинамических циклов. Различают три системы трансформации теплоты: холодильная машина, понижающий и повышающий термотрансформаторы.

**Замкнутые двухфазные теплопередающие системы.** Двухфазное теплопередающее устройство представлено в виде замкнутого герметичного контура, частично заполненного теплоносителем, включающее соединенный паропроводом и конденсаторопроводом испаритель и расположенный над ним змеевиковый конденсатор; при этом испаритель также выполнен в виде змеевика, а в конденсаторопроводе на входе в испаритель установлен гидравлический затвор, представленный в виде сопла либо пористой структуры. При этом гидравлическое сопротивление затвора больше или равно суммарному гидравлическому сопротивлению испарителя, паропровода и конденсатора. Это придает циркуляции теплоносителя однонаправленное движение и снижает пульсации в контуре циркуляции, характерные для такого рода двухфазных теплопередающих устройств.

Предлагаемая конструкция устройства позволяет собирать тепло от рассредоточенных в пространстве или на поверхности источников тепловыделения с небольшой плотностью теплового потока, накапливая на выходе из испарителя требуемую величину теплового потока, необходимую для быстрого запуска устройства в нестационарных условиях, позволяет пространственно разделять источник и сток тепла, что, вместе с отсутствием движущихся деталей в системе охлаждения, создает положительный эффект, обусловленный увеличением термодинамической эффективности при повышении эксплуатационной надежности всего устройства в целом.

**Абсорбционная машина непрерывного действия закрытого типа.** В абсорбционной машине непрерывного действия происходит постоянная циркуляция хладагента и абсорбента. Так же как и в машине периодического действия, хладагент и абсорбент разделяются дистилляцией, для чего раствор нагревается в кипятильнике, затем хладагент конденсируется в конденсаторе, а освобожденный от хладагента абсорбент подается в абсорбер. Жидкий хладагент поступает в испаритель, где испаряется, а затем пары хладагента удаляются из испарителя благодаря разрежению, создаваемым абсорбером.

Для облегчения циркуляции в систему может быть добавлен буферный газ, как правило, водород. За счет буферного газа давление в системе постоянно, испарение происходит за счет изменения парциального давления, что позволяет упростить циркуляцию хладагента. Такая система позволяет обходиться без движущихся частей, обеспечивая циркуляцию абсорбента с помощью термосифона – трубки, внутри которой жидкость поднимается вверх за счет кипения. Такая система применяется в бытовых абсорбционных холодильниках, устанавливаемых в автодомах. В промышленных холодильниках могут применяться многоступенчатые холодильные машины, позволяющие утилизировать низкопотенциальное тепло, либо получать более низкие температуры.

На схеме Бромид-Литиевой абсорбционной холодильной машины для охлаждения воды охладитель состоит из двух камер:

– верхняя камера – генератор. Это горячая камера с относительно высоким давлением;

– нижняя камера – испаритель и абсорбер. Это холодная камера с очень низким давлением (2 мбар).

Под действием тепла в генераторе из раствора бромида лития выделяются пары воды (хладагента), которые переносятся в конденсатор. Водяной пар конденсируется, отдавая тепло воде охлаждающего контура. Охлажденная вода поступает в испаритель, где при низком давлении закипает при температуре  $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$  и забирает тепло от охлаждаемого контура чиллер-фанкойла. Насос прокачивает воду на форсунки, что способствует более интенсивному теплообмену. В других типах АБХМ охлаждаемый контур не обрызгивается, а погружается в ванну хладагента.

Оставшийся концентрированный раствор бромида лития через растворный теплообменник/гидравлический затвор переходит в абсорбер. Для улучшения абсорбции раствор разбрызгивается форсунками и поглощает водяной пар из испарителя. Процесс абсорбции связан с выделением теплоты, которая отводится охлаждающим контуром в абсорбере. Полученный раствор воды и бромида лития перекачивается в генератор через регулятор/теплообменник, и цикл повторяется снова.

**Аккумулялирующие батареи.** На промышленных предприятиях в случае, если возникает необходимость обработки воздуха, например, при наличии пыли или взвесей масла, прибегают к использованию аккумулялирующих батарей без ребер. В качестве материала труб используется нержавеющая и углеродистая сталь с толщиной листа от 1,5 до 3 мм. Тестирование осуществляется путем пропускания внутри труб батареи, погруженной в ванну с водой, сжатого воздуха при давлении, которое варьирует от 10 до 30 бар; эта операция позволяет выявить отклонения (потери), обусловленные некачественной сваркой или дефектами материала.

Аккумулялирующие батареи, в отличие от других систем, использующих принцип перекрестных потоков, позволяют восстанавливать в основном явную теплоту. В то же время любая скрытая теплота превращается в явную, передаваемую более

холодной батарее. В замкнутом контуре промежуточный теплоноситель с помощью насоса циркулирует между двумя или более тепловыми или обменными батареями. В качестве теплоносителя, в зависимости от рабочих температур, может служить вода, антифриз или диатермическая жидкость. Полное физическое разделение двух потоков и последующее исключение любой опасности загрязнения делают данную систему пригодной для применения в различных отраслях промышленности.

Достоинства резервных батарей:

- высокое качество;
- возможность получения тепла от нескольких источников, находящихся на расстоянии друг от друга;
- отсутствие загрязнения между двумя воздушными потоками.

Недостаток резервных батарей заключается в наличии промежуточной жидкости, которая позволяет получить доход, едва превышающий 55 %.

**Пластинчатый теплообменник.** Рекуперативными называются такие теплообменные аппараты, в которых теплообмен между теплоносителями происходит через разделительную стенку. При теплообмене в аппаратах такого типа тепловой поток в каждой точке поверхности разделительной стенки сохраняет постоянное направление.

В большинстве рекуперативных теплообменников теплота передается непрерывно через стенку от теплоносителя к другому теплоносителю. Такие теплообменники называются теплообменниками непрерывного действия.

Рекуперативные теплообменники строятся по методу передачи тепла по поверхностной схеме. По схеме исполнения они бывают прямо- и противоточными, перекрестными, по конструкции – с трубками, с пластинами, ребристые, ребристо-пластинчатые. Материал изготовления – пластик, металл, а также конструкция с применением мембран. По поставленной мастером задаче подогреватели производятся как газовые, воздушные и жидкостные испарители, конденсирующие пары устройства и т. д.

Независимо от вида исполнения, теплообменники производятся на основании нормативов ГОСТ 15518–1987, которых в первую очередь придерживаются пластиночные устройства. Рекуператоры, как известно, эффективнее регенераторов. Классификация по исполнению подразумевает матричные, пластиночные, смесительные и спиральные агрегаты.

Матричные выполняют теплообмен между жидкостью и газом путем взаимодействия этих сред между собой. Пластиночная модель передает тепло через металлические или графитовые пластины. Смесительное устройство осуществляет теплообмен между средами, который происходит благодаря их соприкосновению и смешиванию.

Рекуперативный пластинчатый теплообменник DUOTERM RCP обеспечивает возможность получения тепла как в явном, так и в скрытом виде. Теплообменник DUOTERM RCP состоит из участков теплообмена, выполненных в виде плоских алюминиевых пластин, чередующихся с рифлеными алюминиевыми листами, которые вмонтированы в алюминиевый корпус. Рекуперативные теплообменники DUOTERM RCP имеют большую поверхность теплообмена, полученную путем уменьшения расстояния между рифлеными пластинами, что позволяет получить большое количество дополнительно накопленного тепла.

Достоинства рекуперативного теплообменника:

- низкое загрязнение двух воздушных потоков;
- легкая очистка.

Недостатки рекуперативного теплообменника:

- два потока воздуха должны находиться близко друг к другу;
- скрытая теплота передается только тогда, когда температура поверхности рекуперативного теплообменника падает ниже точки росы;
- конденсация одного из воздушных потоков приводит к появлению влаги.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ЭТАПЫ, НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ**

**Д. Г. Пархомчук**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. А. Рудченко

Важнейшим приоритетом государственной энергетической политики в Республике Беларусь, наряду с устойчивым обеспечением страны энергоносителями, является создание условий для функционирования и развития экономики при максимально эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Республика Беларусь не располагает собственными значительными запасами ископаемых ТЭР и вынуждена до 84 % ТЭР импортировать из-за рубежа. Использование местных видов топлива в топливно-энергетическом балансе Беларуси находится на уровне 16–17 %, в основном за счет древесного топлива и торфа. В республике потребление топливно-энергетических ресурсов находится на уровне 35 млн т у. т. в год или 3,5 т на человека. По сравнению с развитыми странами (США, Канада, Япония, Австрия, Германия, Швеция), в Республике Беларусь энергоемкость ВВП в два раза выше. Поэтому стратегической целью деятельности в области энергосбережения является снижение энергоемкости ВВП и, как следствие, снижение зависимости республики от импорта ТЭР, что может быть достигнуто за счет:

- повышения эффективности использования энергоносителей в результате внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования, приборов и материалов, утилизации вторичных энергоресурсов;
- структурной перестройки отраслей экономики и промышленности;
- оптимизации топливного баланса республики с увеличением доли местных видов топлива, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Республиканским органом государственного управления, уполномоченным Правительством Республики Беларусь для проведения государственной политики в сфере энергосбережения, является Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь. Основными задачами Комитета являются: проведение государственной политики в сфере энергосбережения; осуществление государственного надзора за рациональным использованием топлива, электрической и тепловой энергии.

Основными принципами государственного управления в сфере энергосбережения являются:

- осуществление государственного надзора за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов;
- международное сотрудничество в сфере энергосбережения;
- создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и пользователей в эффективном