

подтверждена обоснованность разработанных методик расчета и рекомендаций, с одной стороны, и необходимость усовершенствования отдельных узлов системы, с другой стороны. В результате проведены дополнительные разработки и внесены соответствующие изменения в проектах, что позволило передать их проектным организациям для внедрения в различных отраслях экономики.

Данные исследований и опыт внедрения ТНУ позволили также оценить масштабы эффективности применения на различных объектах Грузии СКВ с применением теплонасосных установок. В частности, по нашим оценкам, годовая экономия составит примерно 1.6-2.7 млн т у.т. Значителен также и эффект снижения загрязнения окружающей среды. Существенным является то обстоятельство, что указанный эффект достигается при минимуме инвестиций. Полученные результаты могут быть использованы и в других странах, где необходимо решить проблемы теплохладоснабжения и защиты экосистемы.

На основании полученного опыта при длительной промышленной эксплуатации систем теплохладоснабжения указанных объектов на базе ТНУ в докладе предложены новые рекомендации использования ТНУ на различных объектах промышленности, а также методика расчета экологической эффективности внедрения теплонасосных систем.

УДК 536.24

АНАЛИЗ РАБОТЫ ИСПАРИТЕЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ ДАННЫХ ПО ТЕПЛООБМЕНУ

В.И. Володин¹, О.Н. Буляк², Н.Ф. Капустин², А.М. Литовский²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Институт механизации сельского хозяйства НАН Беларуси

Современный уровень развития технологии позволяет изготавливать нетрадиционные конструкции теплообменных аппаратов. Однако не всегда имеется возможность получить опытным путем необходимый набор данных по теплопереносу для них. В то же время требуется подтверждение способности этих аппаратов обеспечить необходимые теплотехнические параметры при различных условиях эксплуатации. Такая ситуация часто складывается при разработке перспективных холодильных машин и установок.

Одним из основных аппаратов холодильных установок является испаритель, который совместно с другим оборудованием обеспечивает необходимую холодопроизводительность.

Разработана конструкция испарителя в виде горизонтальной цилиндрической емкости из нержавеющей стали для непосредственного охлаждения 2000 л молока, перемешиваемого с помощью листовой мешалки. Каналы для потока хладагента размещены в донной части. Они выполнены в виде щелей, полученных путем приварки точечной сваркой профильного листа к нижней части емкости. Точки приварки располагаются в коридорном порядке по отношению к направлению потока хладагента и выполняют роль интенсификаторов.

Испаритель испытывался в составе молокоохладительной установки. В процессе опытов в тракте хладагента измерялись температуры хладагента на входе и выходе испарителя, на входе и выходе конденсатора и после ресивера перед терморегулирующим вентилем, давление на входе в компрессор и на выходе из него. В тракте охлаждаемого молока определялась его температура и температура наружной стенки, не контактирующей с хладагентом.

Первоначально на основе обработки опытных данных при анализе параметров цикла холодильной установки получены значения расхода хладагента и холодопроизводительности и соответственно теплового потока испарителя. Однако этих данных недостаточно для прогнозирования работы испарителя при изменяющихся внутренних и внешних условиях эксплуатации. Поэтому разработан метод расчета такого испарителя.

Для расчета испарителя имеются полные данные о его конструкции и ограниченные - о режимных параметрах. В основу методологии расчета испарителя положен метод единого описания конвективного тепло- и массопереноса для однофазных потоков в системах произвольной геометрии с использованием параметров длины обтекания и эквивалентного диаметра, который в настоящей работе был распространен на двухфазный поток при кипении хладагента R22 в щелевых каналах с интенсификаторами. Интенсификаторы выполняют роль ребер, изменяющих гидродинамику потока и увеличивающих поверхность теплообмена.

С учетом принятой для данной конструкции испарителя длины обтекания и эквивалентного диаметра расчет процесса кипения в каналах проводился на основе модели Чена. Расчет теплообмена для молока проводился по уравнению подобия для аппаратов с рубашками и листовыми мешалками с учетом принятого характерного размера.

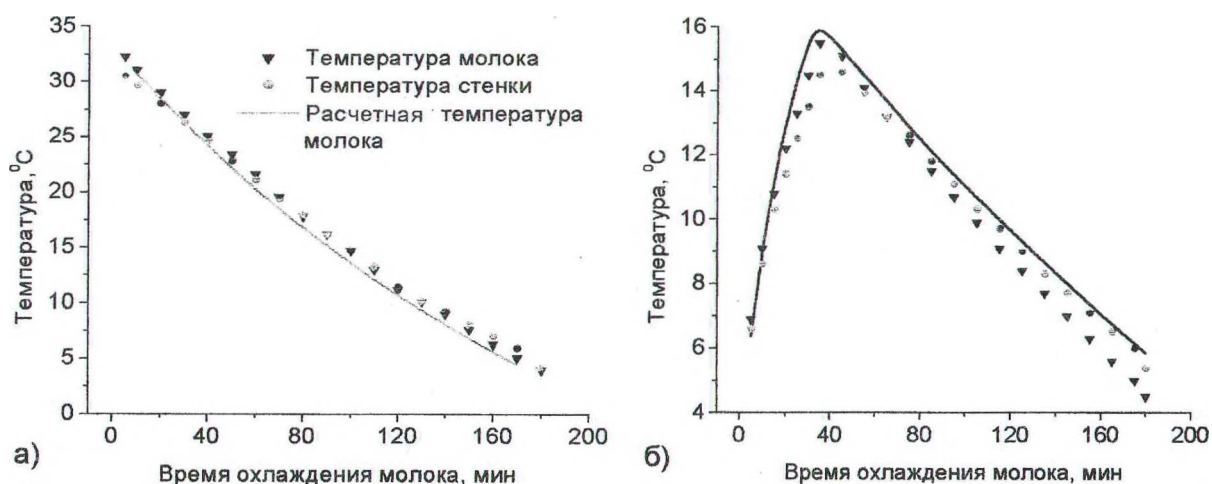


Рис.1. Изменение температуры молока по данным расчета и эксперимента: а - первый цикл охлаждения ($v_m = 1000$ л); б - второй цикл охлаждения ($v_m = 2000$ л)

Особенностью испарителя является его работа в нестационарном режиме. Поэтому сравнение предварительно полученных опытных данных и расчетных параметров по разработанной математической модели теплообмена проводилось по температуре молока, изменяющейся от времени охлаждения. Температура молока

измерялась термопреобразователем, непосредственно погруженным в объем, и дополнительно оценивалась по значению температуры наружной стенки, измеренной термометром сопротивления.

Результаты анализа даны на рис.1. В первом цикле после удоя охлаждалось 1000 л молока. Во втором цикле к охлажденному молоку в течение 35 мин постепенно добавили еще 1000 л молока. Из рисунка видно, что согласование расчетных и опытных данных является удовлетворительным. При этом модель учитывает особенность нестационарного процесса переноса тепла от молока к кипящему хладагенту.

Данный подход использовался также при расчетном проектировании испарителей с другими конструктивными особенностями и показал свою эффективность.

УДК 66.021

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС В ПРОЦЕССАХ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

М.К. Захаров, Г.А. Носов

Московская государственная академия тонкой химической технологии
им. М.В. Ломоносова
capsula@citilyne.ru

Тепловые насосы (ТН) находят широкое применение в энергоемких процессах химической технологии, таких как выпаривание, дистилляция, ректификация, выпарная кристаллизация, сушка влажных материалов и др. Их использование приводит к значительному снижению энергетических затрат за счет рационального применения различных низкопотенциальных источников теплоты. К последним относятся выходящие с установки нагретые жидкие, паровые и газообразные потоки.

Особенно выгодно использование ТН для технологических процессов, сопровождающихся образованием низкопотенциальных паровых потоков. К таким процессам относятся выпаривание, выпарная кристаллизация, дистилляция и ректификация. Для проведения этих процессов обычно применяют ТН открытого типа, в которых отходящие пары подвергаются непосредственному сжатию. В результате повышается их температурный потенциал (температура конденсации t_k) и становится возможным использовать теплоту их конденсации для нагревания (испарения) рабочих тел при любых температурах $t < t_k$. При этом затраты энергии на *сжатие паров* почти на порядок меньше, нежели на *производство пара* того же потенциала.

Усовершенствование полного ТН обеспечивается:

а) дросселированием конденсата греющего пара до рабочего давления в аппарате с получением некоторой доли пара. Эту сухую часть пара направляют в компрессор на сжатие вместе с основным потоком пара. Такой насос назван нами компенсирующим – КТН;

б) получением дополнительного потока сухого насыщенного греющего пара путем *полного внутреннего охлаждения* перегретого пара (после сжатия в компрессоре) при прохождении последнего через конденсат греющего пара.