

по сравнению с экспериментом, не превышает 1–1,5 °С. Подобное расхождение, обусловлено невозможностью полного учета всех физических факторов, действующих на модель при проведении эксперимента, при математическом моделировании. Также расхождение значений можно объяснить разного рода погрешностями, эксперимента.

Работа выполнена в рамках НИР Госзадания «Наука» (Шифр федеральной целевой научно-технической программы 7.3073.2011).

Список литературы:

1. Полежаев В.И. Свободная конвекция: обзор моделей, методов и приложений. // Труды I Российской национальной конференции по теплообмену. – Москва, 1994. – Т. 2. – С. 3–10.
2. Джалурия Й. Естественная конвекция: Тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
3. Кузнецов Г.В., Шермет М.А. Сопряженная смешанная конвекция в условиях массопереноса. // ИФЖ. – 2009. – Т. 82. – № 5. – С. 886–895.
4. Ермолаев И.А., Жбанов А.И. Смешанная конвекция в вертикальном канале с дискретными источниками тепла на стенке // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2009. – № 4. – С. 40–46.
5. Кузнецов Г.В., Максимов В.И. Смешанная конвекция в прямоугольной области с локальными источниками ввода и вывода массы в условиях неоднородного теплообмена // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 5. – С. 114–118.

УДК 536.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТНУ ПРИ ЧАСТИЧНОМ ОБМЕРЗАНИИ ИСПАРИТЕЛЯ

Птухин И.Н., Максимов В.И., к.т.н.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: 11epen1@mail.ru

Теплонасосное теплоснабжение из всех видов нетрадиционной энергетики является наиболее быстро развивающейся отраслью, и в некоторых развитых странах оно уже является главным конкурентом традиционной теплоэнергетики, основанной на сжигании органического топлива [1].

В последнее время во всем мире ребром стоит вопрос об энергосбережении, с положительной стороны зарекомендовали себя тепловые насосы. Но, как известно работа тепловых насосов заключена в строгие температурные рамки, в связи с этим стоит задача в применении тепловых насосов в условиях холодного климата.

В испарительных тепловых насосах высокая эффективность обеспечивается за счёт изменения агрегатного состояния рабочего тела – пе-

перехода из жидкости в газ и обратно. Соответственно, этот процесс возможен в относительно узком интервале температур. При слишком высоких температурах рабочее тело всегда останется газообразным, а при слишком низких – будет испаряться с большим трудом или вообще замёрзнет. В результате при выходе температуры за рамки оптимального диапазона, наиболее энергоэффективный фазовый переход становится затруднённым или вовсе исключается из рабочего цикла, и КПД компрессионной установки существенно падает, а если хладагент останется постоянно жидким, то она вообще работать не будет [2].

Основной проблемой использования ТНУ, в условиях холодного климата, является обмерзание испарителя со стороны источника низкопотенциальной энергии, и как следствие ухудшение работы всего теплового насоса.

Целью работы является экспериментальное исследование работы теплового насоса и отдельных его элементов, при частичном обмерзании испарителя, и выявление особенностей его использования в условиях холодного климата.

Экспериментальные исследования проводились на установке, изображенной на рисунке 1.

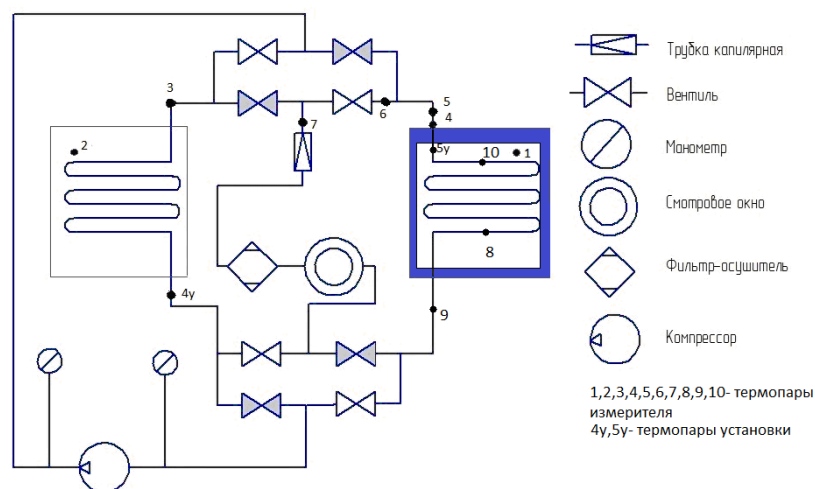


Рис.1. Схема экспериментальной теплонасосной установки

Как видно из схемы, в установке использовались 10 дополнительных термопар измерителя. Термопара №2 была помещена в одну емкость с конденсатором и показывала температуру нагреваемой жидкости. Термопара №3 расположена на входе в конденсатор. Еще три термопары были установлены в экспериментальную камеру испарителя: термопара №8 – на нижнюю трубку испарителя, термопара №10 – на верхнюю трубку, термопара №1 отображала температуру теплоносителя. Термопары №4, 5, 6, 7 были закреплены по всей длине трубки от дрос-

селя до входа в экспериментальную камеру испарителя. Термопара №9 была установлена на выходе из испарителя. Две термопары установки (№4у и №5у) были расположены на выходе из конденсатора и на входе в испаритель соответственно.

Экспериментальная камера испарителя представляет собой емкость с теплоносителем, предварительно помещенную в теплоизоляционный короб из пенопласта толщиной 5 сантиметров, для исключения теплопритоков, и как следствие более быстрого обмерзания испарителя.

Рабочий агент в установке фреон R-134a. Объем воды в конденсаторе и испарителе 10 литров. Эксперимент проводился несколько раз для более точной достоверности результатов. В ходе эксперимента, при работающей установке, снимались показания термопар в установленные промежутки времени: первый час через каждые 5 минут, затем в течение трех часов через каждые 20 минут.

Полученные экспериментальные данные представлены в виде зависимостей температуры с течением времени.

Начиная с 20-й минуты, трубки испарителя начали обмерзать (см. рис. 2). Этот процесс начался от входа в испаритель и продолжился до половины его контура. Как видно из рисунка 3, температура в нижней части испарителя постепенно снижалась до 160-й минуты, после этого покрытие трубок льдом остановилось, и температура на данной части испарителя оставалась постоянной.

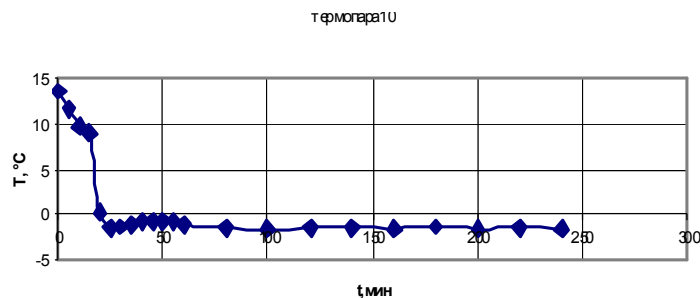


Рис. 2. Графическая зависимость изменения температуры с течением времени на верхних трубках испарителя

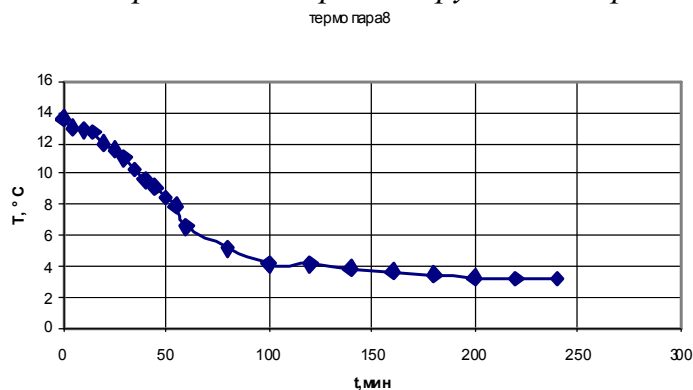


Рис. 3. Графическая зависимость изменения температуры с течением времени на нижних трубках испарителя

Температура теплоносителя постепенно уменьшалась до 150-й минуты, затем оставалась постоянной (см. рис. 4). Соответственно из рисунка 5 видно, что температура нагреваемой жидкости постепенно росла, начиная с 18 °С, на участке от нуля до 150 минут, а затем, до конца эксперимента не изменялась и оставалась на уровне 40 °С.

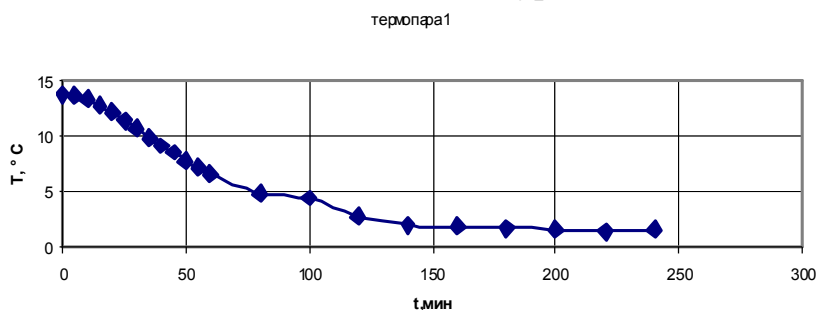


Рис. 4. Графическая зависимость изменения температуры с течением времени для теплоносителя

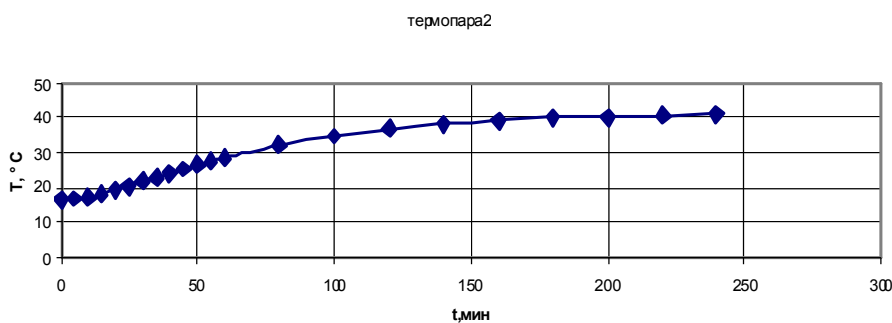


Рис. 5. Графическая зависимость изменения температуры с течением времени для нагреваемой жидкости

В ходе анализа полученных данных был сделан вывод, что даже при частичном обмерзании трубок испарителя ТНУ происходит существенное ухудшение процесса теплопередачи между хладоносителем протекающим в трубках испарителя и их омывающим теплоносителем. Это приводит к смещению основного фронта испарения хладоносителя по длине трубки испарителя, происходит снижение эффективности работы камеры испарителя и соответственно снижение эффективности работы всей теплонасосной установки в целом.

Работа выполнена в рамках НИР Госзадания «Наука» (Шифр федеральной целевой научно-технической программы 7.3073.201).

Список литературы:

1. Генералов К.С., Акимов И.А. Тепловые насосы и энергосбережение // Проблемы энергосбережения. – 2002. – № 12. – С. 6–12.
2. Султангузин И.А., Потапова А.А. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 10. – С. 23–27.