

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА



**VII Международная
научно-техническая конференция**

**«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ
И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»**

(Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г.)

ЧАСТЬ I

Материалы конференции

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2015

УДК 664; 621; 304; 338
ББК 31.392; 31.31; 36; 65; 74.58 Н61

VII Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии XXI века» (Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г.). Ч. I: Материалы конференции. СПб.: Университет ИТМО, 2015 – 544 с.

ISBN 9785-7577-0511-8 (1)
ISBN 9785-7577-0510-1

В сборнике представлены материалы конференции по следующим направлениям: низкотемпературная техника и системы низкопотенциальной энергетики, надёжность материалов низкотемпературной техники, автоматизация процессов и устройств, криогенная техника и технологии, системы кондиционирования и жизнеобеспечения, теоретические основы теплохладотехники, техника и процессы пищевых производств, пищевые технологии, биотехнологии пищевых продуктов, промышленная экология, экономика и управление производством, отрасли, высшая школа и социально-культурные практики XXI века.

Сборник подготовлен при участии Комитета по науке и высшей школе Администрации Санкт-Петербурга и Международной академии холода

Редакционная коллегия: А.В. Бараненко, И.В. Баранов, А.А. Мальцев, Е.И. Борзенко, М.В. Яковлева, А.В. Цыганков, О.Б. Цветков, Л.А. Забодалова, В.С. Колодязная, А.Л. Ишевский, И. Верболоз, Т.В. Меледина, О.И. Сергиенко, В.Л. Василенок, И.Г. Сергеева



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, 2015
АВТОРЫ, 2015

УДК 621.565.83, 536.332

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НОЧНОГО РАДИАЦИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО-КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

А.П. Цой, А.С. Грановский, Д.А. Цой

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

teniz@bk.ru

Ночное радиационное охлаждение (НРО) это нетрадиционный способ охлаждения, основанный на передаче тепла от объекта при помощи теплового излучения, уходящего через атмосферу Земли в ночное время в окружающее космическое пространство [1].

В предыдущих работах авторы проводили предварительную оценку холодопроизводительности системы НРО в различных климатических условиях [2, 3]. Для этого подсчитывался конвективный и радиационный тепловой поток с излучающей поверхности охлаждающего устройства (радиатора). Подобный подход используется многими авторами [4].

Однако эффективность работы системы НРО зависит не только от параметров радиатора, но и от конструкции других элементов холодильной системы. К примеру, крайне важно учитывать, какое количество холода необходимо запасти в аккумуляторе, а также как теплопотери в отдельных элементах влияют на общую холодопроизводительность системы.

Экспериментальные исследования систем НРО требуют значительных затрат временных и материальных ресурсов, так как необходимо учитывать изменения холодопроизводительности системы НРО в течение длительных периодов времени.

Поэтому наиболее эффективным способом исследования работы системы НРО является разработка её математической модели. После проверки модели на основе необходимого количества экспериментальных данных можно провести исследование работы системы в течение всего года исключительно за счет расчетов, как это предлагается сделать в работах [5, 6].

Для решения обозначенной проблемы была разработана математическая модель системы НРО, представленной на рис. 1. В качестве аккумулятора холода используется полимерная емкость объемом 000 л. Все элементы системы соединены полипропиленовыми трубопроводами. Система теплоизолирована слоем вспененного полиэтилена. В системе используется насос с сухим ротором с двигателем мощностью 450 Вт. В качестве теплоносителя в предлагаемой системе используется вода.

Излучающая поверхность радиатора изготовлена из алюминиевого листа и трубы. Для исследования процесса теплообмена, происходящего в радиаторе, использовался метод конечных элементов, реализуемый в программе [7]. На основе проведенного моделирования получена регрессионная зависимость для определения удельной холодопроизводительности радиатора в зависимости от температуры воздуха, теплоносителя и условной температуры ночного неба.

В модели описаны все значимые виды теплопритоков: через стенки аккумулятора холода, трубопроводов системы, от двигателя насоса и в радиаторах. Для расчета коэффициентов теплоотдачи были использованы стандартные методики. Также произведена оценка потерь энергии на транспортировку теплоносителя. Подсчитано энергопотребление насоса системы. Для реализации расчетного алгоритма использована среда SciLab [9].

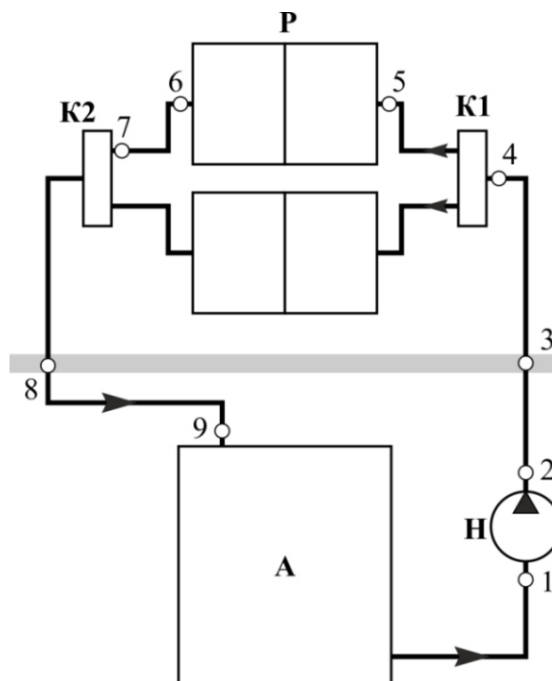


Рис. 1. Схема к расчету теплового баланса системы: А – аккумулятор холода; Н – насос; К1 – распределительный коллектор; К2 – собирающий коллектор; Р – радиаторы

Произведена проверка математической модели холодильной системы на основе экспериментальных данных. В частности была также произведена проверка математической модели на основе данных, полученных ранее. Установлено, что расхождения в экспериментальных теоретических данных не превышают $0,5^{\circ}\text{C}$.

Далее для моделирования работы системы в течение года были получены данные об изменении температур воздуха, точки росы и облачности в течение 2014 года для города Алматы. Произведено сглаживание полученных данных.

При помощи разработанной математической модели могут быть получены графики изменения температур и тепловых потоков в каждом из элементов системы в любой момент времени (см. рис. 2), а также подсчитана суммарная холодопроизводительность системы в каждую из зон в году.

Обработка результатов расчетов за год показала, что при помощи разработанной холодильной системы можно получить в аккумуляторе холода температуру на 3°C ниже минимальной за ночь температуры воздуха. При работе в условиях климата города Алматы в системе НРО не менее 116 дней в году температура будет устанавливаться ниже 0°C . При этом холодильная система с радиатором площадью 2 м может производить от 5 МДж за ночь в летний период для режима кондиционирования воздуха. В зимний период может быть получено до 35 МДж холода за ночь для поддержания режима от 0 до $+10^{\circ}\text{C}$. Холодильный коэффициент системы при этом в среднем за год может составлять до 8,6 единиц. Это подтверждает идею о том, что НРО в условиях резкоконтинентального климата может использоваться не только в системах кондиционирования, но и для получения более низких температур. Наиболее перспективными способами применения систем НРО можно считать следующие: поддержание температуры воздуха в камерах фрукто-овощехранилищ, охлаждение воды до $+5...+10^{\circ}\text{C}$ для нужд технологических процессов, поддержание температуры воздуха в системах кондиционирования и снижение температуры конденсации в конденсаторах холодильных машин в летнее время.

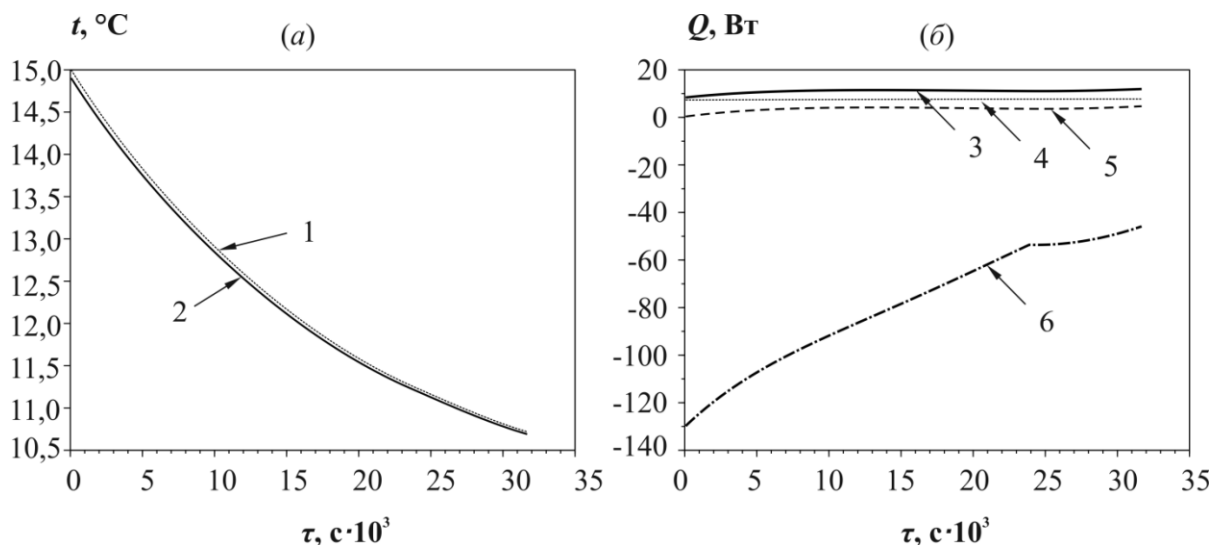


Рис. 2. Результаты моделирования работы системы НРО: 1 – изменение температур: 1 – аккумулятора; 2 – на выходе из радиатора; 3 – изменение теплопритоков: 3 – через стенки аккумулятора; 4 – от насоса; 5 – через стенки трубопроводов; 6 – в радиаторах

Разработанная математическая модель может быть использована для оптимизации конструкции системы НРО, а также для разработки способов автоматизированного управления системой.

Список литературы:

1. Kimball B. Cooling performance and efficiency of night sky radiators // Sol. ene. 1995. Vol. 34, № 1P. 19–33.
2. Цой А.П. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство (часть 1) / Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. // Холодильная техника. 2014. №12. С. 43–46.
3. Цой А.П. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство (часть 2/2) / Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. // Холодильная техника. 2015. №1С. 43–46.
4. Qingyuan Z. Potentials of Passive Cooling for Passive Design of Residential Buildings in China / Qingyuan Z., Yu L. // Energy Procedia. 2014. Vol. 57. P. 1726–1732.
5. Sima J. Theoretical Evaluation of Night Sky Cooling in the Czech Republic / Sima J., Kosutova K., Plasel J. // Energy Procedia. 2014. 48. P. 645–653.
6. Vangtook P. Application of radiant cooling as a passive cooling option in hot humid climate / Vangtook P., Chirarattananon S. Build. Environ. 2007. Vol. 52, №2. P. 543–556.
7. ELCUT Студенческий: 6.0.0.1508. [Электронный ресурс]. Компьютерная программа. СПб. : ООО «Тор», 2013. URL: <http://elcutru/>.
8. Мухачев Г.А. Термодинамика и теплопередача: Учеб. для авиац. вузов. М.: Высшая школа, 1994. 480 с.
9. SciLab 5.5.2 (64 bit) [Электронный ресурс] Компьютерная программа. Versailles: SciLab Enterprises, 2015. URL: <http://www.scilab.org/>.
10. Цой А.П. Экспериментальная холодильная система, использующая эффективное излучение / Цой А.П., Грановский А.С., Эглит А.Я., Ким И.А. // Развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства: мат. Межднар. научн. конф. (1718 октября 2013 г.). Алматы: Алматинский технологический университет, 2013. С. 266–268.

**VII Международная
научно-техническая конференция**

**«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ
И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»**

(Санкт-Петербург, 17 – 20 ноября 2015 г.)

ЧАСТЬ I

Материалы конференции

Титульный редактор

Т.В. Белянкина

Компьютерная верстка

Е.В. Москвичева

Я.Я. Платунова

Дизайн обложки

О.В. Долговская

Печатается

в авторской редакции

Подписано в печать 06.11.2015. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 31,88 Печ. л. 34,25 Уч.-изд. л. 33,75
Тираж 100 экз. Заказ № С 82

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9