

ВЛИЯНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕЛИОХОЛОДИЛЬНЫХ АБСОРБЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ МАШИН

О. С. Малинина, А. В. Бараненко, А. В. Зайцев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

В работе проведено исследование влияния изменения среднесуточных температуры и влажности воздуха на эффективность абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины на солнечной энергии для целей кондиционирования и конденсации влаги из воздуха. Выполнен анализ термодинамических циклов при различных схемных решениях абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины. Получены значения минимальной температуры греющего источника, при которой возможно получение пресной воды для городов Дубай, Сингапур и Чунцин.

Ключевые слова: низкопотенциальная энергетика, солнечная энергия, гелиоустановка, солнечный коллектор, абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина, греющий источник, относительная влажность воздуха.

Введение

Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ) получили широкое распространение во всем мире. Охлажденная в них вода используется в системах комфортного и технологического кондиционирования. Наибольшее распространение АБХМ получили в системах кондиционирования воздуха, химической, нефтеперерабатывающей, электронной и радиопромышленности. В настоящее время, в связи с развитием энергосберегающих технологий, разрабатываются системы кондиционирования воздуха с использованием абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин на солнечной энергии [1–8].

Ежегодно земной поверхности достигает $7,5 \times 10^{17}$ кВт·ч/год солнечной энергии. На интенсивность солнечного излучения влияют географическая широта местности, время года и суток. При этом два первых параметра определяют продолжительность дневной части суток. Среднегодовое суммарное солнечное излучение, падающее на горизонтальную поверхность, приблизительно составляет в Центральной Европе, Канаде и Средней Азии $1000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, в Средиземноморье — $1700 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, в пустынных регионах Африки, Австралии, Ближнего Востока — $2200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$.

Поэтому особенно эффективно применение гелиоохладительных машин в южных районах, где относительно интенсивна и достаточно продолжительна солнечная радиация для получения греющего источника для целей кондиционирования и получения воды из воздуха.

Так как в любой географической точке мира температура и относительная влажность воздуха меняются в течении суток, проведение исследования влияния изменения внешних параметров наружного воздуха на температуру греющего источника, при которой возможно получение пресной воды и где могут быть применимы АБХМ на солнечной энергии, является актуальным.

Методы исследования

В данной статье проводится анализ влияния изменения среднесуточных температуры и влажности воздуха на эффективность термодинамических циклов абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины на солнечной энергии для кондиционирования и конденсации влаги из воздуха.

Для выполнения расчетов выбраны схемы и циклы одноступенчатой и каскадной АБХМ. При одинаковой температуре кипения хладагента работа абсорбционной машины по каскадному циклу может осуществляться при более низкой температуре греющей среды, что, как отмечено ранее, важно для гелиоохладительных машин. Однако термодинамическая эффективность машины, работающей по каскадному циклу, ниже, чем у машины с одноступенчатым циклом.

Принцип действия и процессы работы бромистолитиевой холодильной машины изложены в издании [9].

Показан цикл одноступенчатой АБХМ (рис. 1). Основные процессы цикла следующие: линия 1-1' — кипение рабочего вещества в испарителе; линия 3'-3 — отвод теплоты перегрева и конденсация пара рабочего вещества в конденсаторе; линия 2-7 — нагрев слабого раствора в теплообменнике растворов; линия 7-5 — адиабатно-изобарная десорбция пара рабочего вещества; линия 5-4 — кипение раствора в генераторе при совмещенном тепломассопереносе; линия 4-8 — охлаждение крепкого раствора в теплообменнике растворов; линия 8-2 — абсорбция пара рабочего вещества в абсорбере.

В работе выполнен анализ циклов одноступенчатой и каскадной АБХМ с параллельной подачей греющего источника в генераторы первой и второй ступени. Испаритель второй ступени охлаждает абсорбер и конденсатор первой ступени с параллельной подачей охлаждающей воды в аппараты.

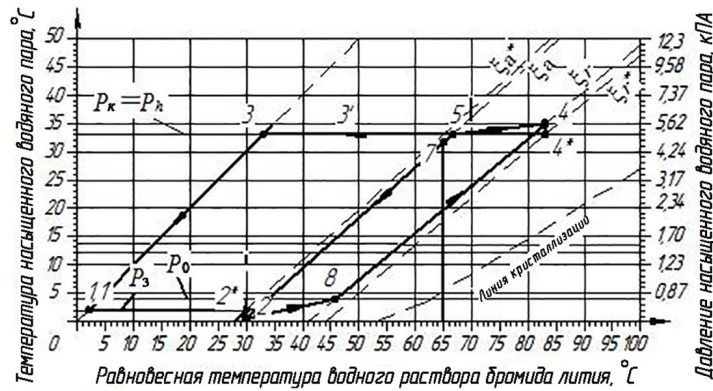


Рис. 1. Цикл одноступенчатой абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины
Fig. 1. The cycle of a single-stage Absorption Bromolithium Refrigerating Machine

**Методика расчета циклов
одноступенчатой и каскадной
абсорбционной бромистолитиевой
холодильной машины**

Температура точки росы, °C:

$$t_{m.p} = f(t_{н.в}; \phi). \quad (1)$$

Температура охлаждаемой воды на входе в испаритель, °C:

$$t_{s1} = t_{m.p} - \Delta t_{m.p}. \quad (2)$$

Температура охлажденной воды на выходе из испарителя, °C:

$$t_{s2} = t_{s1} - \Delta t_s. \quad (3)$$

Температура кипения воды в испарителе, °C:

$$t_0 = t_{s2} - \Delta t_u. \quad (4)$$

Давление кипения в испарителе, кПа:

$$p_0 = f(t_0). \quad (5)$$

Давление в абсорбере, кПа:

$$p_a = p_0 - \Delta p. \quad (6)$$

Теоретическая концентрация слабого раствора, %:

$$\xi_a = f(t_2, p_a). \quad (7)$$

Действительная концентрация слабого раствора, %:

$$\xi_a = \xi_a + \Delta \xi_a. \quad (8)$$

Действительная концентрация крепкого раствора, %:

$$\xi_r = \xi_a + \Delta \xi. \quad (9)$$

Теоретическая концентрация крепкого раствора, %:

$$\xi_r = \xi_r + \Delta \xi_r. \quad (10)$$

Давление конденсации пара в конденсаторе и генераторе, кПа:

$$p_k = p_h = f(t_k). \quad (11)$$

Высшая температура кипения раствора в генераторе, °C:

$$t_4 = f(p_h, \xi_r). \quad (12)$$

Температура греющего источника на входе в генератор, °C:

$$t_{h1} = t_4 - \Delta t_r. \quad (13)$$

Кратность циркуляции раствора:

$$a = \frac{\xi_r}{\Delta \xi}. \quad (14)$$

Удельный тепловой поток теплообменника, кДж/кг:

$$q_m = (a - 1) \cdot (i_4 - i_8). \quad (15)$$

Удельный тепловой поток генератора, кДж/кг:

$$q_h = i'_3 + (a - 1) \cdot i_4 - a \cdot i_7. \quad (16)$$

Удельный тепловой поток абсорбера, кДж/кг:

$$q_a = i'_1 + (a - 1) \cdot i_8 - a \cdot i_2. \quad (17)$$

Удельный тепловой поток испарителя, кДж/кг:

$$q_0 = i'_1 - i_3. \quad (18)$$

Удельный тепловой поток конденсатора, кДж/кг:

$$q_k = i'_3 - i_3. \quad (19)$$

Тепловой коэффициент:

$$\zeta = \frac{q_0}{q_h}. \quad (20)$$

Методика расчета цикла первой ступени каскадной машины не отличается от расчета цикла одноступенчатой машины.

Для соблюдения теплового баланса цикла каскадной машины должно выполняться равенство:

тепловая нагрузка испарителя второй ступени равна сумме удельных тепловых нагрузок испарителя и абсорбера первой ступени, кДж/кг:

$$q_{02} = q_{k1} + q_{a1}. \quad (21)$$

Количество циркулирующего хладагента второй ступени на один килограмм циркулирующего хладагента первой ступени:

$$x = \frac{q_{02}}{q'_{02}}. \quad (22)$$

Тепловая нагрузка генератора второй ступени:

$$q_{h2} = q'_{h2} \cdot x. \quad (23)$$

Тепловой коэффициент цикла каскадной машины:

$$\zeta = \frac{q_{01}}{q_{h1} + q_{h2}}. \quad (24)$$

Результаты исследования

Для оценки влияния среднесуточных температуры и влажности воздуха на эффективность термодинамических циклов при различных схемных решениях абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины был разработан программный комплекс, созданный при помощи компилятора gfortran [10] (рис. 2).

Данная математическая модель позволяет рассчитывать как одноступенчатую, так и каскадную схему АБХМ при различных подачах греющего источника по ступеням. Программный комплекс состоит из головной программы и ряда подпрограмм. Ввод исходных данных и вывод результатов осуществляется отдельными файлами. Разработанная комплексная математическая модель включает в себя следующие подпрограммы: расчет температур охлаждающей, охлаждаемой, охлажденной и греющей воды; расчет параметров точек термодинамических циклов для одноступенчатой и каскадных схем; расчет тепловых нагрузок на аппараты; определение теплового коэффициента. Термодинамические свойства водяного пара, воды и водного раствора бромистого лития [11, 12], определялись по уравнениям [9], расчеты циклов АБХМ осуществлялись по известным зависимостям [9].

В качестве исходных данных для расчетов циклов одноступенчатой и каскадной АБХМ были взяты среднесуточные температура и относительная влажность воздуха по климатическим данным [13] самого холодного и самого теплого месяца для городов Дубай (январь, август) [14], Сингапур (январь, март) [15] и Чунцин (январь, август) [16].

Представлены дополнительные данные для расчета циклов одноступенчатой и каскадной АБХМ (табл. 1).

Приведены результаты расчета циклов одноступенчатой АБХМ для городов Дубай, Сингапур и Чунцин (рис. 3, 4). Из графиков следует, что для

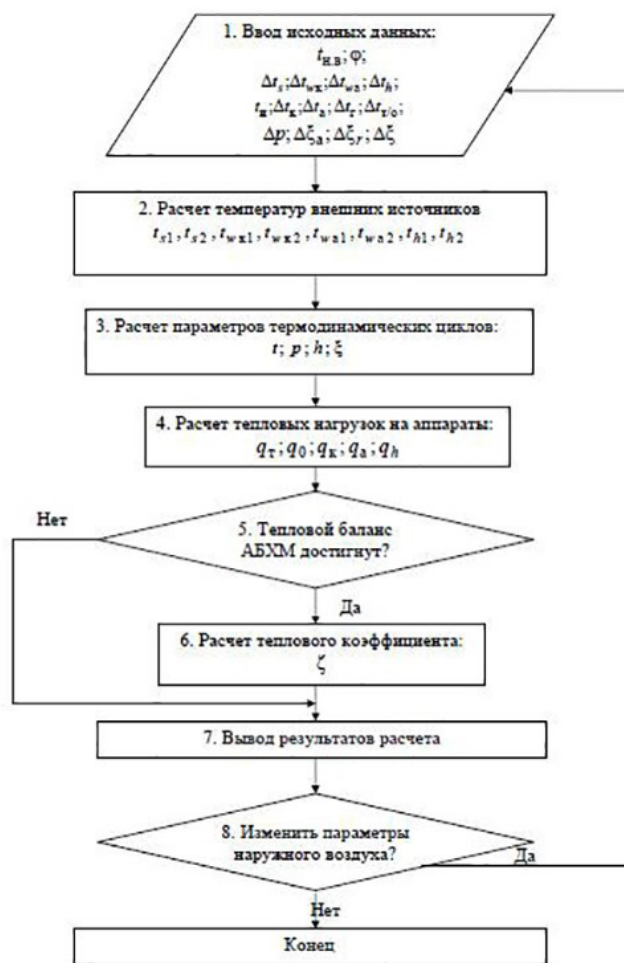


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета программы АБХМД
Fig. 2. Block diagram of the algorithm for calculating the ABXMD program

Таблица 1. Дополнительные данные для расчета одноступенчатой и каскадной АБХМ

Table 1. Additional data for calculation of single-stage and cascade ABRM

Параметры	Значения
Недорекуперация теплоты на холодной стороне испарителя Δt_u , °C	3
Недорекуперация теплоты на теплой стороне конденсатора Δt_k , °C	3
Недорекуперация теплоты на теплой стороне генератора Δt_r , °C	5
Недорекуперация теплоты на холодной стороне абсорбера Δt_a , °C	5
Недорекуперация теплоты на холодной стороне теплообменника растворов $\Delta t_{m/or}$, °C	15
Гидравлическое сопротивление прохождению пара между испарителем и абсорбером Δp , кПа	0,13
Недонасыщение слабого раствора в абсорбере $\Delta \xi_a$, %	1,5
Недовыпаривание крепкого раствора в генераторе $\Delta \xi_r$, %	2,5
Зона дегазации $\Delta \xi$, %	4

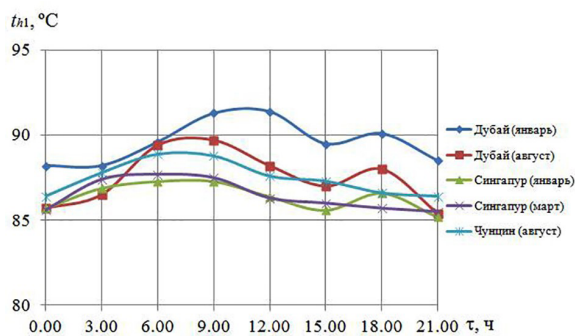


Рис. 3. График зависимости температуры греющего источника от среднесуточных параметров внешних источников для одноступенчатой абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины
Fig. 3. Graph of the temperature of the heating source from the average daily parameters of external sources for a single-stage Absorption Bromistolithium Refrigerating Machine

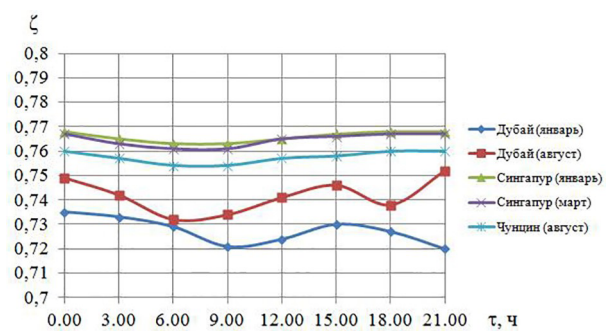


Рис. 4. График зависимости теплового коэффициента от среднесуточных параметров внешних источников для одноступенчатой абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины
Fig. 4. Graph of the dependence of the thermal coefficient from the average daily parameters of external sources for a single-stage Absorption Bromistolithium Refrigerating Machine

города Дубай температура греющего источника, при которой возможно получение пресной воды из воздуха составляет: в январе $t_{h1} = (88,2 \dots 90,4)^\circ\text{C}$, в августе $t_{h1} = (90,4 \dots 94,7)^\circ\text{C}$. Величина теплового коэффициента варьировалась в пределах: для января $\zeta = (0,720 \dots 0,735)$, для августа $\zeta = (0,732 \dots 0,752)$. Для города Сингапур температура греющего источника, при которой возможно получение пресной воды из воздуха составляет: в январе $t_{h1} = (85,2 \dots 87,3)^\circ\text{C}$, в марте $t_{h1} = (85,5 \dots 87,7)^\circ\text{C}$. Величина теплового коэффициента варьировалась в пределах: для января $\zeta = (0,763 \dots 0,768)$, для марта $\zeta = (0,761 \dots 0,767)$. Для города Чунцин при расчете оказалось, что при заданных параметрах наружного воздуха температура кипения имеет отрицательное значение. Следовательно, для проведения дальнейших исследований необходимо применить уравнения расчета абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины с температурой кипения ниже 0°C . Температура греющего источника, при которой возможно получение пресной воды из воздуха составляет: в августе $t_{h1} = (86,4 \dots 88,9)^\circ\text{C}$. Величина теплового коэффициента варьировалась в пределах: для августа $\zeta = (0,754 \dots 0,760)$.

Приведены результаты расчета циклов каскадной АБХМ для городов Дубай, Сингапур

и Чунцин (рис. 5, 6). Из графиков следует, что для города Дубай температура греющего источника, при которой возможно получение пресной воды из воздуха, составляет: в январе $t_{h1} = (70,7 \dots 72,9)^\circ\text{C}$, в августе $t_{h1} = (74,6 \dots 76,8)^\circ\text{C}$. Величина теплового коэффициента варьировалась в пределах: для января $\zeta = (0,236 \dots 0,239)$, для августа $\zeta = (0,241 \dots 0,244)$. Для города Сингапур температура греющего источника, при которой возможно получение пресной воды из воздуха, составляет: в январе $t_{h1} = (71,9 \dots 73,1)^\circ\text{C}$, в марте $t_{h1} = (72,1 \dots 73,3)^\circ\text{C}$. Величина теплового коэффициента варьировалась в пределах: для января $\zeta = (0,247 \dots 0,248)$, для марта $\zeta = (0,246 \dots 0,248)$. Для города Чунцин при расчете оказалось, что при заданных параметрах наружного воздуха температура кипения имеет отрицательное значение. Следовательно, для проведения дальнейших исследований необходимо применить уравнения расчета абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины с температурой кипения ниже 0°C . Температура греющего источника, при которой возможно получение пресной воды из воздуха, составляет: в августе $t_{h1} = (71,9 \dots 73,5)^\circ\text{C}$. Величина теплового коэффициента варьировалась в пределах: для августа $\zeta = (0,244 \dots 0,246)$.

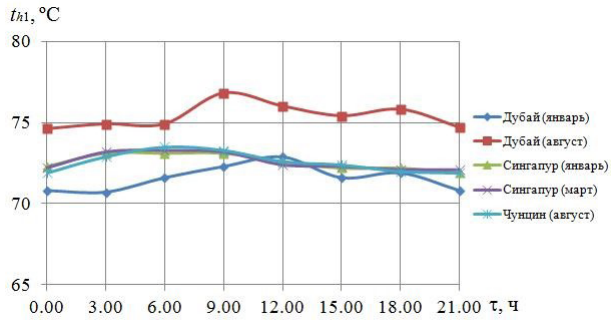


Рис. 5. График зависимости температуры греющего источника от среднесуточных параметров внешних источников для каскадной абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины
Fig. 5. Graph of the temperature of the heating source from the average daily parameters of external sources for a cascade Absorption Bromistolithium Refrigerating Machine

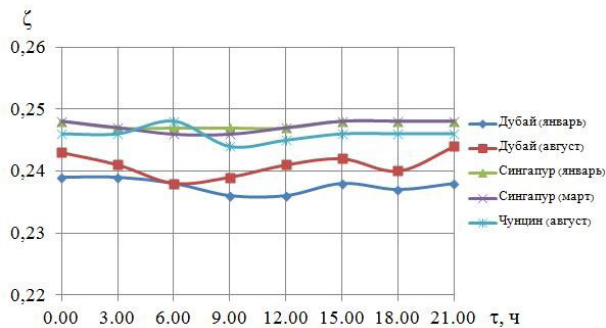


Рис. 6. График зависимости теплового коэффициента от среднесуточных параметров внешних источников для каскадной абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины
Fig. 6. Graph of the dependence of the thermal coefficient from the average daily parameters of external sources for a cascade Absorption Bromistolithium Refrigerating Machine

Выводы

Выполненный анализ показал, что суточные колебания параметров наружного воздуха влияют на изменение минимальной температуры греющего источника. Данная величина изменялась в пределах $\Delta t_{h1} = (1-4)^\circ\text{C}$ как в одноступенчатых, так и в каскадных циклах АБХМ для всех городов в рассмотренный период их работы.

При использовании каскадных абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин для целей кондиционирования и получения воды из воздуха температура греющего источника в среднем на $15,4^\circ\text{C}$ ниже, чем в одноступенчатых АБХМ. Это ценное обстоятельство дает возможность использовать бросовую теплоту более низкого температурного потенциала. Однако величина теплового коэффициента каскадных абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин в 3 раза меньше, чем в одноступенчатых АБХМ.

- Emilio J. Sarabia Escriva, Edwin V. Lamas Sivila, Victor M. Soto Frances. Air conditioning production by a single effect absorption cooling machine directly coupled to a solar collector field. Application to Spanish climates // *Solar Energy*. 2011. Vol. 85, Issue 9. P. 2108–2121. DOI: 10.1016/j.solener.2011.05.019.
- Lizarte R., Izquierdo M., Marcos J. D. [et al.]. An innovative solar-driven directly air-cooled LiBr-H₂O absorption chiller prototype for residential use // *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 47. P. 212–213. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.11.011.
- Palacios E., Izquierdo M., Marcos J. D. [et al.]. Evaluation of mass absorption in LiBr flat-fan sheets // *Applied Energy*. 2009. Vol. 86, Issue 12. P. 2574–2582. DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.04.033.
- Agyenim F., Knight I., Rhodes M. Design and experimental testing of the performance of an outdoor LiBr/H₂O solar thermal absorption cooling system with a cold store // *Solar Energy*. 2010. Vol. 84 (5). P. 735–744. DOI: 10.1016/j.solener.2010.01.013.
- Hidalgo M. C. R., Aumente P. R., Millan M. I. [et al.]. Energy and carbon emission savings in Spanish housing air-conditioning using solar driven absorption system // *Applied Thermal Engineering*. 2008. Vol. 28, Issue 14-15. P. 1734–1744. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2007.11.013.
- Mammoli A., Vorobieff P., Barsun H. [et al.]. Energetic, economic and environmental performance of a solar-thermal-assisted HVAC system // *Energy and Buildings*. 2010. Vol. 42, Issue 9. P. 1524–1535. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.03.023.
- Bujedo L. A., Rodriguez J., Martinez P. J. Experimental results of different control strategies in a solar air-conditioning system at part load // *Solar Energy*. 2011. Vol. 85. P. 1302–1315. DOI: 10.1016/j.solener.2011.03.009.
- Balghouthi M., Chahbani M. H., Guizani A. Feasibility of solar absorption air conditioning in Tunisia // *Build. Environ*. 2008. Vol. 43 (9). P. 1459–1470. DOI: 10.1016/j.buildenv.2007.08.003.
- Бараненко А. В., Тимофеевский Л. С., Долотов А. Г. Абсорбционные преобразователи теплоты: моногр. СПб.: Изд-во СПбГУНИПТ, 2005. 338 с.
- Тимофеевский Л. С., Малинина О. С. Математическая модель абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества // *Вестник Международной академии холода*. 2011. № 2. С. 37–40.
- Ривкин С. А., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия, 1980. 424 с.
- Alefeld G. Bestimmung der termopysikalischen daten des stoffpaares wasser-lithiumbromid. Technischen Universität. München, 1991. 25 S.
- Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 05.09.2017).
- Dubai, United Arab Emirates Monthly Weather // The Weather Channel. URL: <https://weather.com/weather/monthly/1/AEXX0004:1:AE> (дата обращения 05.09.2017).
- Singapore, Singapore Monthly Weather // The Weather Channel. URL: <https://weather.com/weather/monthly/1/SNX-X0006:1:SN> (дата обращения: 05.09.2017).
- Chongqing, China Monthly Weather // The Weather Channel. URL: <https://weather.com/weather/monthly/1/CHX-X0017:1:CH> (дата обращения: 05.09.2017).

МАЛИНИНА Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Холодильная техника и возобновляемая энергетика». SPIN-код: 6840-9272 AuthorID (РИНЦ): 709687 Адрес для переписки: holmash_malinina@mail.ru

БАРАНЕНКО Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор (Россия), заведующий кафедрой «Холодильная техника и возобновляемая энергетика».

SPIN-код: 5621-0524; AuthorID (РИНЦ): 173759

Адрес для переписки: baranenko@mail.ifmo.ru

ЗАЙЦЕВ Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Холодильная техника и возобновляемая энергетика».

SPIN-код: 1652-6922; AuthorID (РИНЦ): 200047

Адрес для переписки: zai_@inbox.ru

Для цитирования

Малинина О. С., Бараненко А. В., Зайцев А. В. Влияние среднесуточной температуры и влажности воздуха на эффективность гелиохолодильных абсорбционных бромистолитиевых машин // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2018. Т. 2, № 2. С. 40 – 47. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-2-40-47.

Статья поступила в редакцию 26.03.2018 г.

© О. С. Малинина, А. В. Бараненко, А. В. Зайцев

THE INFLUENCE OF AVERAGE DAILY TEMPERATURE AND AIR HUMIDITY ON EFFICIENCY OF HELIO-COOLING ABSORPTION BROMISTOLITHIUM MACHINES

O. S. Malinina, A. V. Baranenko, A. V. Zaytsev

Saint Petersburg National Research University
of Information Technologies, Mechanics and Optics,
Russia, St. Petersburg, Kronverkskiy pr., 49, 197101

The influence of changes in the average daily temperature and air humidity on the efficiency of an Absorption Bromistolithium Refrigeration Machine on solar energy for the purposes of conditioning and condensation of moisture from air is studied. The analysis of thermodynamic cycles with various circuit solutions of an Absorption Bromistolithium Refrigeration Machine is carried out. The values of the minimum temperature of the heating source are obtained, at which fresh water can be obtained for the cities of Dubai, Singapore and Chongqing.

Keywords: low-potential energy, solar energy, solar installation, solar collector, Absorption Bromistolithium Refrigerating Machine, heating source, relative humidity.

References

1. Emilio J. Sarabia Escriva, Edwin V. Lamas Sivila, Victor M. Soto Frances. Air conditioning production by a single effect absorption cooling machine directly coupled to a solar collector field. Application to Spanish climates // *Solar Energy*. 2011. Vol. 85, Issue 9. P. 2108–2121. DOI: 10.1016/j.solener.2011.05.019. (In Engl.).
2. Lizarte R., Izquierdo M., Marcos J. D. [et al.]. An innovative solar-driven directly air-cooled LiBr-H₂O absorption chiller prototype for residential use // *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 47. P. 212–213. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.11.011. (In Engl.).
3. Palacios E., Izquierdo M., Marcos J. D., Lizarte R., Evaluation of mass absorption in LiBr flat-fan sheets // *Applied Energy*. 2009. Vol. 86, Issue 12. P. 2574–2582. DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.04.033. (In Engl.).
4. Agyenim F., Knight I., Rhodes M. Design and experimental testing of the performance of an outdoor LiBr/H₂O solar thermal absorption cooling system with a cold store // *Solar Energy*. 2010. Vol. 84 (5). P. 735–744. DOI: 10.1016/j.solener.2010.01.013. (In Engl.).
5. Hidalgo M. C. R., Aumente P. R., Millan M. I. [et al.]. Energy and carbon emission savings in Spanish housing air-conditioning using solar driven absorption system // *Applied Thermal Engineering*. 2008. Vol. 28, Issue 14-15. P. 1734–1744. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2007.11.013. (In Engl.).
6. Mammoli A., Vorobieff P., Barsun H. [et al.]. Energetic, economic and environmental performance of a solar-thermal-assisted HVAC system // *Energy and Buildings*. 2010. Vol. 42, Issue 9. P. 1524–1535. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.03.023. (In Engl.).
7. Bujedo L. A., Rodriguez J., Martinez P. J. Experimental results of different control strategies in a solar air-conditioning system at part load // *Solar Energy*. 2011. Vol. 85. P. 1302–1315. DOI: 10.1016/j.solener.2011.03.009. (In Engl.).
8. Balghouthi M., Chahbani M. H., Guizani A. Feasibility of solar absorption air conditioning in Tunisia // *Build. Environ.* 2008. Vol. 43 (9). P. 1459–1470. DOI: 10.1016/j.buildenv.2007.08.003. (In Engl.).
9. Baranenko A. V., Timofeyevskiy L. S., Dolotov A. G. Absorbtsionnyye preobrazovateli teploty [Absorption converters of heat]. St. Petersburg: SPbSUR&FE Publ., 2005. 338 p. (In Russ.).
10. Timofeyevskiy L. S., Malinina O. S. Matematicheskaya model' absorbtsionnoy bromistolitiyevoy kholodil'noy mashiny s dvukhstupenchatoy generatsiyey para rabochego veshchestva [Mathematical model of Absorption Bromistolithium Refrigerating Machine with two-stage generation of working substance vapor] // *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda. Journal of International Academy of Refrigeration*. 2011. No. 2. P. 37–40. (In Russ.).
11. Rivkin S. A., Aleksandrov A. A. Termodinamicheskiye svoystva vody i vodyanogo para [Thermodynamic properties of the water and steam]. Moscow: Energiya Publ., 1980. 424 p. (In Russ.).
12. Alefeld G. Bestimmung der termophysikalischen daten des stoffpaares wasser-lithiumbromid. Technischen Universität. München, 1991. 25 S. (In Germ.).
13. Pogoda i klimat [Weather and climate]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (accessed: 05.09.2017). (In Russ.).
14. Dubai, United Arab Emirates Monthly Weather // The Weather Channel. URL: <https://weather.com/weather/monthly/1/AEXX0004:1:AE> (accessed: 05.09.2017). (In Engl.).
15. Singapore, Singapore Monthly Weather // The Weather Channel. URL: <https://weather.com/weather/monthly/1/SNX-X0006:1:SN> (accessed: 05.09.2017). (In Engl.).
16. Chongqing, China Monthly Weather // The Weather Channel. URL: <https://weather.com/weather/monthly/1/CHX-X0017:1:CH> (accessed: 05.09.2017). (In Engl.).

MALININA Ol'ga Sergeyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Refrigeration Technology and Renewable Energy Department.
SPIN-code: 6840-9272
AuthorID (RSCI): 709687
Address for correspondence: holmash_malinina@mail.ru

BARANENKO Aleksandr Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Refrigeration Technology and Renewable Energy Department.

SPIN-code: 5621-0524

AuthorID (RSCI): 173759

Address for correspondence: baranenko@mail.ifmo.ru

ZAYTSEV Andrey Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Refrigeration Technology and Renewable Energy Department.

SPIN-code: 1652-6922

AuthorID (RSCI): 200047

Address for correspondence: zai_@inbox.ru

For citations

Malinina O. S., Baranenko A. V., Zaytsev A. V. The influence of average daily temperature and air humidity on efficiency of Helio-Cooling Absorption Bromistolithium Machines // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2018. Vol. 2, no. 2. P. 40–47. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-2-40-47.

Received 26 March 2018.

© O. S. Malinina, A. V. Baranenko, A. V. Zaytsev