

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРЕЮЩЕГО ИСТОЧНИКА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ ЦИКЛОВ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРОВ

А. А. Дзино, О. С. Малинина

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

В данной статье анализируется влияние температуры греющего источника на энергетическую эффективность действительных одноступенчатых циклов абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины (АБХМ), абсорбционного бромистолитиевого понижающего термотрансформатора (АБПНТ) и абсорбционного бромистолитиевого повышающего термотрансформатора (АБПВТ) в зависимости от величины степени внутренней регенерации теплоты. Рассмотрены термодинамические циклы с полной регенерацией теплоты на холодной (для АБХМ и АБПНТ) и теплой (для АБПВТ) стороне регенеративного теплообменника растворов, при отсутствии регенеративного теплообменника и циклы с конечной разницей температур между слабым и крепким растворами.

Ключевые слова: абсорбционная холодильная машина, абсорбционные термотрансформаторы, степень внутренней регенерации теплоты, коэффициенты энергетической эффективности циклов, температура греющего источника, трансформация теплоты.

Введение

Трансформация теплоты — процесс снижения и/или повышения температуры исходной теплоты в комплексах, состоящих из тепловых машин, работающих в режиме прямого и обратного термодинамических циклов. Различают три комплекса: холодильная машина, понижающий и повышающий термотрансформаторы [1]. Энергетическая эффективность комплексов на предварительном этапе исследования рассматривается с помощью циклов Карно, состоящих из двух изоэнтроп и двух изотерм. Графическое изображение таких циклов представлено на рис. 1. В диаграмме $S-T$ выделены три группы комплексов [2].

Комплекс I осуществляет отвод теплоты от источника $T_{инт}$ (получение холода) с помощью обратного (холодильного) цикла. Отвод теплоты от холодильного цикла осуществляется на изотерме $T_{о.с}$. Работа холодильного цикла воспроизводится (компенсируется) с помощью прямого цикла (цикла теплового двигателя) в том же количестве. Прямой цикл осуществляется между изотермами T_B и $T_{о.с}$. Рассмотренный комплекс состоит из компрессорной холодильной машины (КХМ) и теплового двигателя, работающего в режиме конденсационной электростанции (КЭС). Энергетическая эффективность комплекса I оценивается тепловым коэффициентом ζ . Альтернативой являются теплоиспользующие холодильные машины (ТХМ), в которых для привода применяется высокотемпературная теплота.

Комплекс II предназначен для трансформации высокотемпературной теплоты с температурного

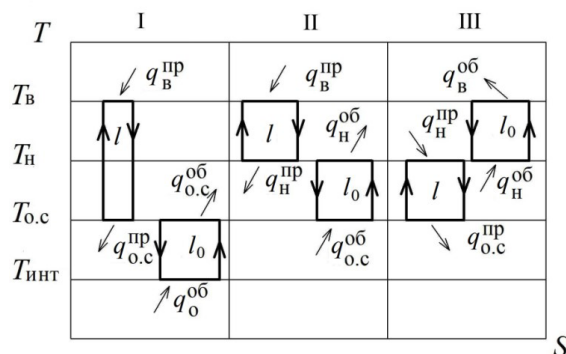


Рис. 1. Комплексы холодильной машины I, понижающего II и повышающего III термотрансформаторов. Температуры источников:

- $T_{инт}$ — низкотемпературной теплоты (холода);
- $T_{о.с}$ — окружающей среды;
- T_H — бросовой или низкопотенциальной нагреваемой среды;
- T_B — высокопотенциальной подводимой или отводимой теплоты

Fig. 1. Complexes of the refrigerating machine I, step-down II and step-up III thermotransformers.

- Temperatures of sources:
- $T_{инт}$ — low-temperature heat (cold);
- $T_{о.с}$ — environment;
- T_H — waste or low-grade heated medium;
- T_B — high-grade input or output heat

уровня T_B на более низкий температурный уровень T_H , например, для организации отопления и горячего водоснабжения. В комплекс входит компрессорный тепловой насос (КТН), работающий в интервале температур $T_{о.с}$ и T_H . Работа для КТН используется из теплового двигателя, работающего в режиме теплоэлектростанции (ТЭС).

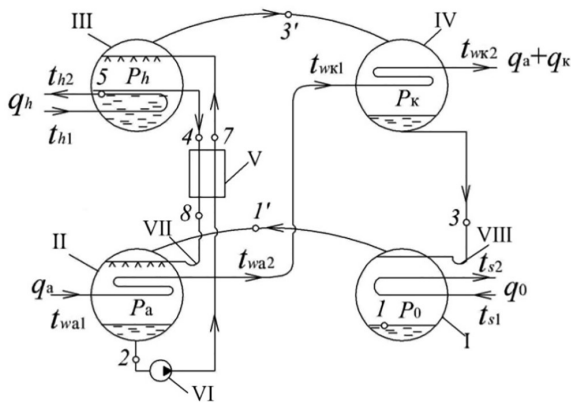


Рис. 2. Схема абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины:

I — испаритель; II — абсорбер;
 III — генератор; IV — конденсатор;
 V — растворный теплообменник;
 VI — насос; VII, VIII — гидравлические затворы
 Fig. 2. Scheme absorption bromide lithium machine:
 I — evaporator; II — absorber; III — generator;
 IV — condenser; V — solution heat exchanger;
 VI — pump; VII, VIII — hydraulic valves

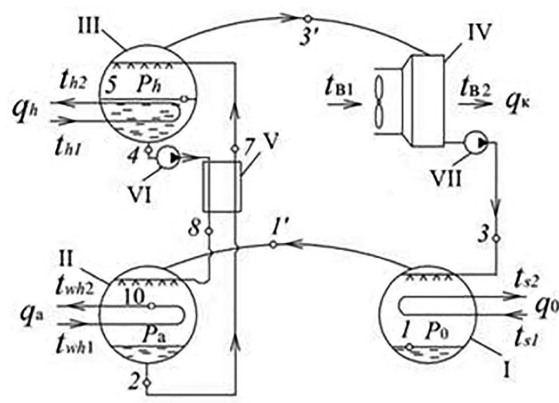


Рис. 3. Схема абсорбционного бромистолитиевого повышающего термотрансформатора:

I — испаритель; II — абсорбер; III — генератор;
 IV — конденсатор; V — растворный теплообменник;
 VI, VII — насосы
 Fig. 3. Scheme of absorption bromide lithium step-up thermotransformer:
 I — evaporator; II — absorber; III — generator;
 IV — condenser; V — solution heat exchanger;
 VI, VII — pumps

Энергетическая эффективность комплекса II оценивается коэффициентом трансформации понижающего термотрансформатора λ . Данная система может служить аналогом абсорбционного понижающего термотрансформатора (АПНТ).

Комплекс III предназначен для трансформации низкопотенциальной (бросовой) теплоты с изотермы T_n на более высокую изотерму T_b . В этот комплекс входят компрессорный тепловой насос КТН, работающий в диапазоне температур T_n и T_b . Тепловой двигатель в этом комплексе работает в режиме КЭС. Энергетическая эффективность комплекса III оценивается коэффициентом повышающего термотрансформатора α . Аналогом комплекса III может быть абсорбционный повышающий термотрансформатор (АПВТ).

Методы исследования

В данной работе выполнено исследование влияния температуры греющего источника на энергетическую эффективность циклов абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины, абсорбционного бромистолитиевого понижающего термотрансформатора и абсорбционного бромистолитиевого повышающего термотрансформатора в зависимости от величины степени внутренней регенерации теплоты.

Схема АБХМ с совмещенными процессами тепломассопереноса представлена на рис. 2.

В испарителе I за счет подвода теплоты от охлаждаемого источника в количестве q_0 кипит вода при давлении $p_0 \approx p_a$. При этом источник охлаждается до температуры t_{s2} . Водяной пар, образовавшийся в испарителе, поступает в абсорбер II, где он абсорбируется крепким раствором, стекающим из генератора III через растворный теплообменник V и гидравлический затвор VII в абсорбер. Вследствие абсорбции пара раствором концентрация последнего снижается. Слабый раствор из абсорбера насосом VI подается

через растворный теплообменник в генератор, где он кипит при давлении p_h вследствие подвода теплоты от греющего источника в количестве q_h при температурах t_{h1}/t_{h1} . Водяной пар, образовавшийся в генераторе, поступает в конденсатор IV, где конденсируется при давлении p_k . Суммарная теплота абсорбции и конденсации пара отводится к источнику окружающей среды в количестве $q_a + q_k$ с температурой t_{wk2} . Конденсат из конденсатора стекает в испаритель через гидравлический затвор VIII.

Схема АБПНТ соответствует схеме одноступенчатой абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины с совмещенными процессами тепломассопереноса. Отличие заключается в значениях температурных уровней внешних источников теплоты.

Схема одноступенчатого АБПВТ с совмещенными процессами тепломассопереноса представлена на рис. 3.

В испарителе I происходит подвод бросовой теплоты с температурой t_{s1} в количестве q_0 к рабочему телу. Испарившийся пар в испарителе направляется на абсорбцию в абсорбер II. Этот пар поглощается крепким раствором бромистого лития. Крепкий раствор образуется в генераторе III и направляется насосом VI через регенеративный теплообменник V в абсорбер. Реакция абсорбции экзотермическая, т.е. протекает с выделением теплоты. Эта теплота q_a отводится из абсорбера с помощью нагреваемой воды с температурой t_{wh2} . При абсорбции раствор бромистого лития становится слабым по концентрации. Концентрация раствора восстанавливается в генераторе за счет бросовой теплоты q_h с температурой t_{h1} . Выпарившийся пар из генератора направляется в конденсатор. В конденсаторе происходит процесс конденсации. Теплота конденсации q_k направляется в окружающую среду с температурой t_{B2} . Образовавшийся конденсат насосом VII направляется в испаритель.

Зона дегазации, %

$$\Delta\xi = \xi_r - \xi_a. \quad (1)$$

Кратность циркуляции

$$a = \frac{\xi_r}{\Delta\xi}. \quad (2)$$

Удельная тепловая нагрузка теплообменника растворов, кДж/кг
— для АБХМ и АБПНТ

$$q_m = (a - 1) \cdot (i_4 - i_8). \quad (3)$$

— для АБПВТ

$$q_m = (a - 1) \cdot (i_8 - i_4). \quad (4)$$

Удельная тепловая нагрузка генератора, кДж/кг

$$q_h = i_{3'} + (a - 1)i_4 - a \cdot i_7. \quad (5)$$

Удельная тепловая нагрузка абсорбера, кДж/кг

$$q_a = i_r + (a - 1)i_8 - a \cdot i_2. \quad (6)$$

Удельная тепловая нагрузка испарителя, кДж/кг

$$q_0 = i_r - i_3. \quad (7)$$

Удельная тепловая нагрузка конденсатора, кДж/кг

$$q_k = i_{3'} - i_3. \quad (8)$$

Тепловой коэффициент холодильной машины

$$\zeta = \frac{q_0}{q_h}. \quad (9)$$

Коэффициент трансформации понижающего термотрансформатора

$$\lambda = \frac{q_a + q_k}{q_h}. \quad (10)$$

Коэффициент трансформации повышающего термотрансформатора

$$\alpha = \frac{q_a}{q_0 + q_h}. \quad (11)$$

Степень внутренней регенерации теплоты:
— для АБХМ и АБПНТ

$$\chi = \frac{t_4 - t_8}{t_4 - t_2}. \quad (12)$$

$$\chi = \frac{t_8 - t_4}{t_2 - t_4}. \quad (13)$$

При $\chi = 1$ цикл с полной рекуперацией теплоты на холодной (для АБХМ и АБПНТ) и теплой (для АБПВТ) стороне регенеративного теплообменника. При $\chi = 0$ теплообменник отсутствует. При $1 > \chi > 0$ имеет место конечная разность температур между крепким и слабым растворами.

Исходные данные

Расчеты выполнялись при следующих исходных данных: для АБХМ температурный график по испарителю $t_{s1}/t_{s2} = 12/7^\circ\text{C}$, температурный график по абсорберу и конденсатору $t_{wa1}/t_{wk2} = 27/32^\circ\text{C}$, для АБПНТ температурный график по испарителю $t_{s1}/t_{s2} = 32/27^\circ\text{C}$, температурный график по абсорберу и конденсатору $t_{wa1}/t_{wk2} = 45/50^\circ\text{C}$; для АБПВТ температурный график по испарителю и генератору $t_{s1} = t_{h1}/t_{s2} = t_{h2} = 37/32^\circ\text{C}$, температурный график по конденсатору $t_{b1}/t_{b2} = -5/0^\circ\text{C}$, температурный график по абсорберу $t_{wh1}/t_{wh2} = 45/50^\circ\text{C}$. Степень внутренней регенерации теплоты для всех рассматриваемых циклов составила: $\chi = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$. Необратимые потери действительного цикла выбраны согласно рекомендациям, представленным в литературе [3–5]: недорекуперация теплоты на теплой стороне конденсатора $\Delta t_k = 3^\circ\text{C}$, на холодной стороне испарителя $\Delta t_n = 3^\circ\text{C}$, на теплой стороне генератора $\Delta t_r = 3^\circ\text{C}$, на теплой стороне абсорбера $\Delta t_a = 3^\circ\text{C}$, недовыпаривание крепкого раствора в генераторе $\Delta \xi_r = 2\%$, недонасыщение слабого раствора в абсорбере $\Delta \xi_a = 1\%$.

Минимальная температура греющего источника, при которой можно осуществлять одноступенчатый цикл с $\Delta \xi = 1$ и $a \rightarrow \infty$, равна для АБХМ $t_{h1} = 79,6^\circ\text{C}$, для АБПНТ $t_{h1} = 92,5^\circ\text{C}$, для АБПВТ $t_{h1} = 36,9^\circ\text{C}$. Для дальнейшего исследования были приняты следующие значения температуры греющего источника: для АБХМ $t_{h1} = 80; 85; 90^\circ\text{C}$, для АБПНТ $t_{h1} = 95; 100; 105; 110^\circ\text{C}$, для АБПВТ $t_{h1} = 37; 39,5; 42^\circ\text{C}$.

Результаты расчетов

Значительное количество работ посвящено исследованиям термодинамических свойств воды, водяного пара и водного раствора бромистого лития [5–11].

Расчеты выполнены при помощи математической модели ALBTT, созданной при помощи компилятора gfortran. Термодинамические свойства водяного пара, воды и водного раствора бромистого лития [7–9] определяли по уравнениям [5]. 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 параметров узловых точек термодинамических циклов для АБХМ, АБПНТ и АБПВТ; расчет тепловых нагрузок на

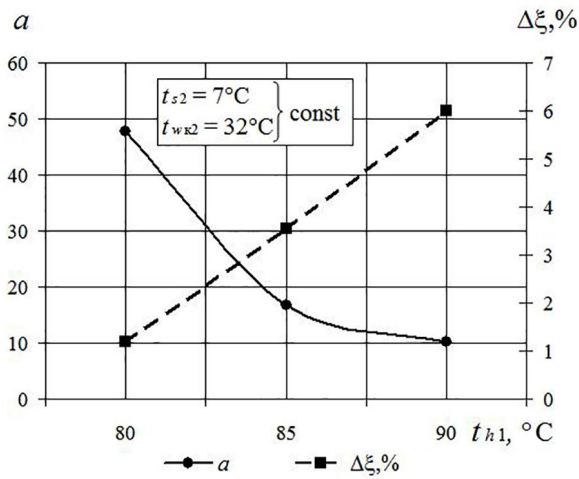


Рис. 4. График зависимости кратности циркуляции и зоны дегазации от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБХМ

Fig. 4. Graph of the multiplicity circulation and degassing zone as a function of the temperature of the heating source at varying degrees of heat recovery in the Absorption Bromine Lithium Refrigeration Machine cycle

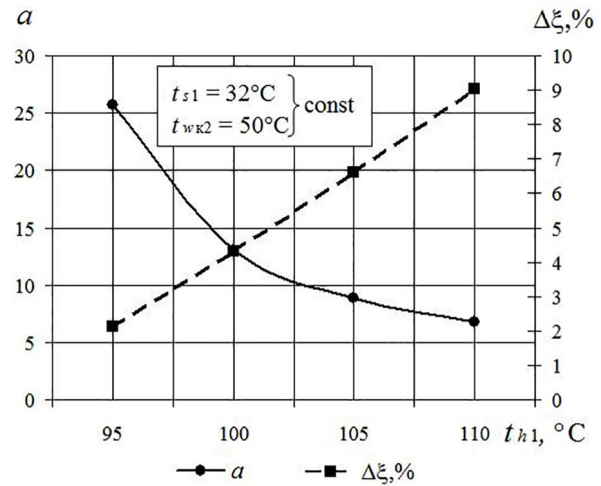


Рис. 5. График зависимости кратности циркуляции и зоны дегазации от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБПНТ

Fig. 5. Graph of the multiplicity circulation and degassing zone as a function of the temperature of the heating source at various degrees of heat recovery in the Absorption Bromine Lithium Step Down Thermal Transformer cycle

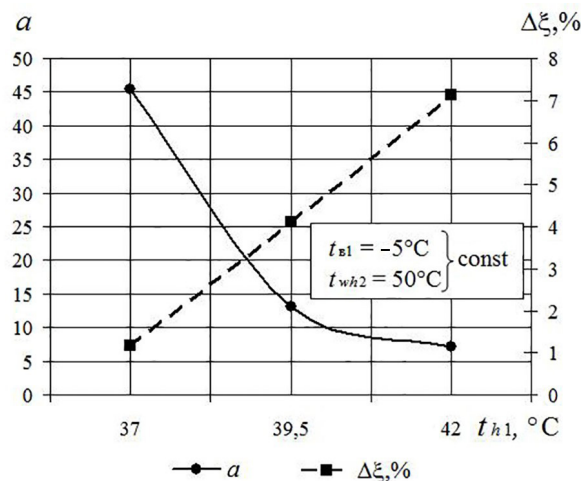


Рис. 6. График зависимости кратности циркуляции и зоны дегазации от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБПВТ

Fig. 6. Graph of the multiplicity of circulation and degassing zone as a function of the temperature of the heating source at different degrees of heat recovery in the Absorption Bromine Lithium Step Up Thermal Transformer cycle

аппараты; определение теплового коэффициента и коэффициентов трансформации.

По полученным данным были построены графики зависимости кратности циркуляции и зоны дегазации для всех рассматриваемых циклов (рис. 4–6) от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБПВТ.

Из графиков на рис. 4–6 видно, что с повышением температуры греющего источника про-

исходит увеличение зоны дегазации, которое, в свою очередь, приводит к снижению кратности циркуляции раствора.

Результаты исследования влияния температуры греющего источника на энергетическую эффективность циклов абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины и абсорбционных бромистолитиевых термотрансформаторов представлены в виде графических зависимостей на рис. 7–9.

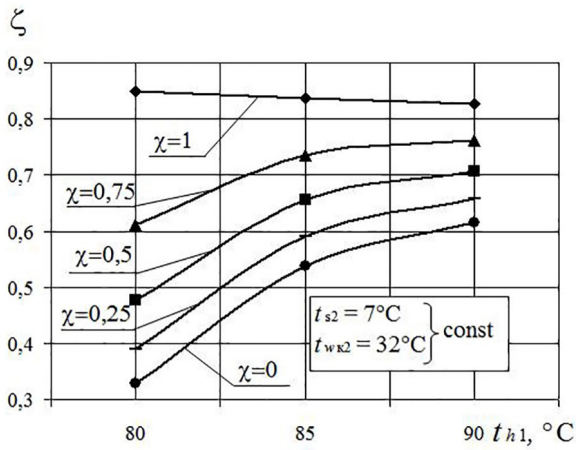


Рис. 7. График зависимости теплового коэффициента от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБХМ

Fig. 7. A graph of the dependence of the thermal coefficient on the temperature of the heating source for various degrees of heat recovery in the Absorption Bromide Lithium Refrigeration Machine (ABLRM) cycle

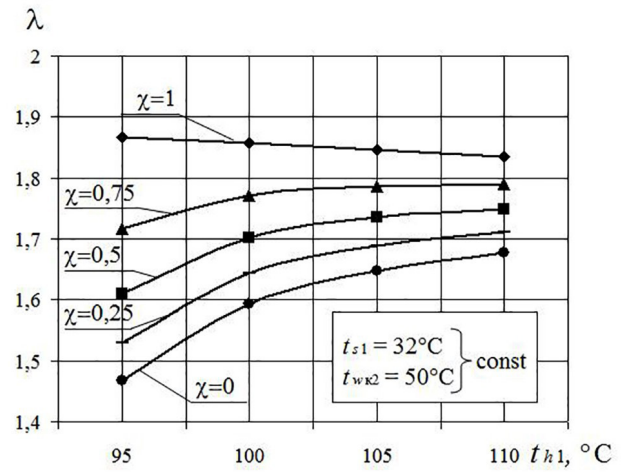


Рис. 8. График зависимости коэффициента трансформации от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБПНТ

Fig. 8. Graph of the transformation ratio of the temperature of the heating source for varying degrees of heat recovery in the Absorption Bromide Lithium Step Down Thermal Transformer cycle

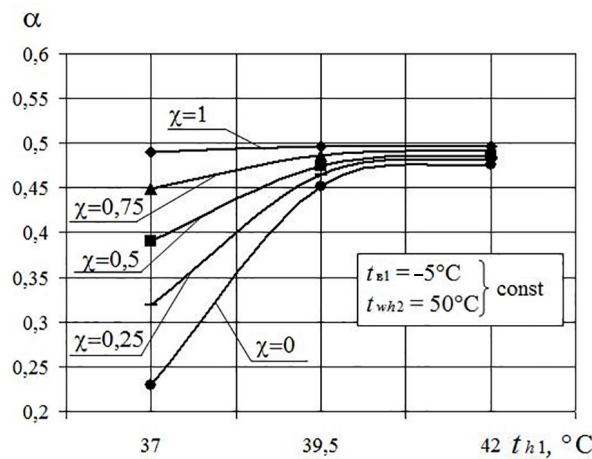


Рис. 9. График зависимости коэффициента трансформации от температуры греющего источника при различной степени регенерации теплоты в цикле АБПВТ

Fig. 9. Graph of the transformation ratio of the temperature of the heating source for varying degrees of heat recovery in the Absorption Bromide Lithium Step Up Thermal Transformer cycle

Из графиков на рис. 7–9 видно, что роль регенеративного теплообменника для внутренней регенерации теплоты в цикле при высоких значениях температуры греющего источника исчерпана и необходимо вводить в схему дополнительные регенеративные теплообменники.

Выводы

В теоретических циклах АБХМ, АБПНТ и АБПВТ с полной рекуперацией теплоты на холодной (для АБХМ и АБПНТ) и теплой (для АБПВТ) стороне регенеративного теплообменника (РТО) с увеличением температуры греющего источни-

ка энергетическая эффективность уменьшается. В действительных циклах с конечной разницей температур между слабым и крепким растворами и в циклах без РТО тепловой коэффициент и коэффициенты трансформации имеют тенденцию увеличиваться с повышением температуры греющего источника. Графики зависимости энергетической эффективности от температуры греющего источника для действительных циклов асимптотически приближаются к графику зависимости для теоретического цикла. При достаточно больших значениях температуры греющего источника эффект повышения коэффициента трансформации прекращается.

1. Дзино А. А., Малинина О. С. Системы прямых и обратных термодинамических циклов для получения тепла и холода // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. СПб.: Изд-во ун-та ИТМО, 2015. Ч. 1. С. 141–144. ISBN 978-5-7577-0511-8.

2. Тимофеевский Л. С., Пекарев В. И., Бухарин Н. Н. [и др.]. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин, тепловых насосов и термотрансформаторов. Ч. 1. Расчет циклов, термодинамических и теплофизических свойств рабочих веществ / под ред. Л. С. Тимофеевского. СПб.: Изд-во СПбГУНиПТ, 2006. 260 с.

3. Тимофеевский Л. С. Холодильные машины. СПб.: Политехника, 2006. 944 с. ISBN 5-7325-0792-2.

4. Бараненко А. В., Тимофеевский Л. С., Долотов А. Г., Попов А. В. Абсорбционные преобразователи теплоты: моногр. СПб.: Изд-во СПбГУНиПТ, 2005. 338 с. ISBN 5-89565-116-X.

5. Богданов С. Н., Бурцев С. И., Иванов О. П., Купрянова А. В. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ / справ. / под ред. С. Н. Богданова. 4-е перераб. и доп. СПб.: Изд-во СПбГАХиПТ, 1999. 208 с.

6. Вукалович М. П., Ривкин С. Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия, 1979. 80 с.

7. Ривкин С. Л., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия, 1980. 424 с.

8. Löwer H. Thermodynamische Eigenschaften und Wärme — Diagramm der binären Systems Lithiumbromid-Wasser // Kältetechnik. 1961. № 5. S. 178–184.

9. Верба О. И., Груздев В. А., Захаренко Л. Г. [и др.]. Термодинамические свойства водных растворов бромистого лития // Теплофизические свойства растворов. Новосибирск: Изд-во ИТФ СО АН СССР, 1983. С. 19–34.

10. Chua H. T., Toh H. K., Malek A. [et al.]. Erratum: Improved thermodynamic property fields of LiBr-H₂O solution // International Journal of Refrigeration. 2000. Vol. 23. 951. DOI: 10.1016/S0140-7007(03)00091-4.

11. Alefeld G. Bestimmung der termophysikalischen Daten des Stoffpaares Wasser-lithiumbromid. Technischen Universität. München, 1991. 25 S.

ДЗИНО Анатолий Аполлонович, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент факультета низкотемпературной энергетики.

SPIN-код: 2030-5630

AuthorID (РИНЦ): 709601

Адрес для переписки: dzinoaa@mail.ru

МАЛИНИНА Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент факультета низкотемпературной энергетики.

SPIN-код: 6840-9272

AuthorID (РИНЦ): 709687

Адрес для переписки: holmash_malinina@mail.ru

Для цитирования

Дзино А. А., Малинина О. С. Оценка влияния температуры греющего источника на энергетическую эффективность одноступенчатых циклов абсорбционных термотрансформаторов // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2019. Т. 3, № 3. С. 33–39. DOI: 10.25206/2588-0373-2019-3-33-39.

Статья поступила в редакцию 20.03.2019 г.

© А. А. Дзино, О. С. Малинина

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF HEATING SOURCE TEMPERATURE ON ENERGY EFFICIENCY OF SINGLE-STAGE ABSORPTION THERMAL TRANSFORMER CYCLES

A. A. Dzino, O. S. Malinina

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

The effect of the heating source temperature on the energy efficiency of actual single-stage cycles of an Absorption Bromine Lithium Refrigeration Machine (ABLRM), an Absorption Bromine Lithium Step Down Thermal Transformer (ABLSDDT) and an Absorption Bromine Lithium Step Up Thermal Transformer (ABLSUTT) depending on the magnitude of the degree of internal heat recovery are analyzed in this article. Thermodynamic cycles with full heat recovery on the cold (for ABLRM and ABLSDDT) and warm (for ABLSUTT) sides of the regenerative heat exchanger of solutions in the absence of regenerative heat exchanger and cycles with a finite temperature difference between weak and strong solutions are considered.

Keywords: absorption refrigerating machine, absorption thermal transformer, degree of internal heat refrigeration, energy efficiency coefficients of cycles, heating source temperature, heat transformation.

References

1. Dzino A. A., Malinina O. S. Sistemy pryamykh i obratnykh termodinamicheskikh tsiklov dlya polucheniya tepla i kholoda [The systems of direct and inverse thermodynamic cycle for heat and refrigeration] // *Nizkotemperaturnyye i pishchevyye tekhnologii v XXI veke. Low-temperature and food technologies in the 21st century*. St. Petersburg: ITMO University Publ., 2015. Part 1. P. 141–144. ISBN 978-5-7577-0511-8. (In Russ.).
2. Timofeyevskiy L. S., Pekarev V. I., Bukharin N. N. [et al.]. Teplovyye i konstruktivnyye raschety kholodil'nykh mashin, teplovykh nasosov i termotransformatorov. Ch. 1. Raschet tsiklov, termodinamicheskikh i teplofizicheskikh svoystv rabochikh veshchestv [Thermal and structural calculations of refrigerating machines, heat pumps and thermotransformers. Part 1. Calculation of cycles, thermodynamic and thermophysical properties of working substances] / Ed. L. S. Timofeyevskiy. St. Petersburg, 2006. 260 p. (In Russ.).
3. Timofeyevskiy L. S. Kholodil'nyye mashiny [Refrigerating machines]. St. Petersburg: Politekhnika Publ., 2006. 944 p. ISBN 5-7325-0792-2. (In Russ.).
4. Baranenko A. V., Timofeyevskiy L. S., Dolotov A. G., Popov A. V. Absorbtsionnyye preobrazovateli teploty [Heat absorption converters]. St. Petersburg, 2005. 338 p. ISBN 5-89565-116-X. (In Russ.).
5. Bogdanov S. N., Burtsev S. I., Ivanov O. P., Kupriyanova A. V. Kholodil'naya tekhnika. Konditsionirovaniye vozdukh. Svoystva veshchestv [Refrigeration. Air conditioning. Properties of substances] / Ed. S. N. Bogdanov. St. Petersburg, 1999. 208 p. (In Russ.).
6. Vukalovich M. P., Rivkin S. L. Termodinamicheskiye svoystva vody i vodyanogo para [Thermodynamic properties of water and water vapor]. Moscow: Energiya Publ., 1979. 80 p. (In Russ.).
7. Rivkin S. L., Aleksandrov A. A. Termodinamicheskiye svoystva vody i vodyanogo para [Thermodynamic properties of water and water vapor]. Moscow: Energiya Publ., 1980. 424 p. (In Russ.).

8. Löwer H. Thermodynamische Eigenschaften und Wärme — Diagramm der binären Systems Lithiumbromid-Wasser // *Kältetechnik*. 1961. № 5. S. 178–184. (In Germ.).

9. Verba O. I., Gruzdev V. A., Zakharenko L. G. [et al.]. Termodinamicheskie svoystva vodnykh rastvorov bromistogo litiya [Thermodynamic properties of aqueous solutions of lithium bromide] // *Teplofizicheskiye svoystva rastvorov. Thermophysical properties of solutions*. Novosibirsk, 1983. P. 19–34. (In Russ.).

10. Chua H. T., Toh H. K., Malek A. [et al.]. Erratum: Improved thermodynamic property fields of LiBr-H₂O solution // *International Journal of Refrigeration*. 2000. Vol. 23. 951. DOI: 10.1016/S0140-7007(03)00091-4. (In Engl.).

11. Alefeld G. Bestimmung der termophysikalischen daten des stoffpaares wasser-lithiumbromid. Technischen Universität. München, 1991. 25 S. (In Germ.).

DZINO Anatoliy Apollonovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Cryogenic Engineering Faculty.

SPIN-code: 2030-5630; AuthorID (RSCI): 709601

Address for correspondence: dzinoaa@mail.ru

MALININA Olga Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Cryogenic Engineering Faculty.

SPIN-code: 6840-9272; AuthorID (RSCI): 709687

Address for correspondence:

holmash_malinina@mail.ru

For citations

Dzino A. A., Malinina O. S. Estimation of the influence of heating source temperature on the energy efficiency of single-stage absorption thermal transformer cycles // *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2019. Vol. 3, no. 3. P. 33–39. DOI: 10.25206/2588-0373-2019-3-3-33-39.

Received 20 March 2019.

© A. A. Dzino, O. S. Malinina