

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА АБСОРБЦИОННОЙ БРОМИСТОЛИТИЕВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Абрамов В.И. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Малинина О.С. (ИТМО)

Введение. На сегодняшний день вопросы энергосбережения приобретают особую значимость, поскольку в мировом сообществе наблюдается стремительный рост потребления электроэнергии [1]. В данном случае абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ), а также системы на их основе, становятся все более востребованными, поскольку для их работы вместо электрической мощности используются источники низкопотенциальной теплотой энергии, такие как вторичные энергетические ресурсы или возобновляемые источники энергии [2]. В последнее время, для повышения эффективности работы АБХМ и систем на их основе учеными активно изучаются сложные циклы АБХМ [3, 4]. В исследовании [5] выполнен анализ эффективности комбинированного цикла, объединяющего в себе циклы АБХМ с двухступенчатой генерацией и двухступенчатой абсорбцией. Несмотря на то, что данный цикл имеет свои преимущества, по сравнению с одноступенчатым (базовым) циклом он обладает менее выгодными значениями теплового коэффициента – показателя, характеризующего энергоэффективность любой АБХМ. Целью настоящей работы является повышение энергоэффективности АБХМ, работающей по комбинированному циклу, при помощи поиска новых схемных решений.

Основная часть. Стандартная конфигурация цикла АБХМ с двухступенчатой генерацией и двухступенчатой абсорбцией (тип 2) предполагает использование противоточной подачи раствора в растворном контуре с двухступенчатой абсорбцией. Это означает, что после генератора данного контура крепкий раствор бромистого лития сначала проходит через абсорбер ступени низкого давления, а затем через абсорбер ступени высокого давления. Основная часть поглощаемых паров хладагента предварительно поступает из контура с двухступенчатой генерацией в абсорбер высокого давления, тогда как оставшаяся часть паров направляется в абсорбер низкого давления. Для совпадения направления движения раствора и поглощаемого пара хладагента в контуре с двухступенчатой абсорбцией может быть применена прямоточная подача раствора по ступеням абсорбера. Также в качестве альтернативного варианта может быть рассмотрена параллельная подача раствора в абсорберы данного контура. Таким образом, для исследуемого комбинированного цикла были сформированы новые схемные решения с различной подачей раствора в контуре с двухступенчатой абсорбцией. При этом в обоих случаях способ подачи раствора в контуре с двухступенчатой генерацией по отношению к исходной (стандартной) схеме не изменялся. Это связано с тем, что используемая в данном контуре прямоточная подача является наиболее оптимальной для циклов с двухступенчатой генерацией [2]. Для оценки энергоэффективности АБХМ, работающих по предложенным схемам, разработана комплексная математическая модель, позволяющая рассчитывать основные показатели эффективности комбинированного цикла в зависимости от способа подачи раствора. После проведения численного эксперимента, полученные результаты были сопоставлены с параметрами эффективности АБХМ, которая функционирует по исходной схеме.

Выводы. Изменение способа подачи раствора в контуре с двухступенчатой абсорбцией не приводит к существенному изменению основных показателей эффективности комбинированного цикла. Однако применение прямоточной или параллельной подачи вызывает перераспределение тепловых нагрузок на аппараты цикла, что непосредственно влияет на суммарную площадь теплообмена и, следовательно, металлоемкость машины. Кроме того, по сравнению с противоточной и параллельной подачей, для организации

прямоточной схемы движения раствора по ступеням абсорбера требуется наличие всего лишь одного растворного насоса вместо двух. Соответственно, выбор конкретного схемного решения должен быть обоснован в ходе проведения технико-экономического анализа, а с целью дальнейшего повышения энергоэффективности комбинированного цикла по примеру работы [6] может быть дополнительно рассмотрена схема с использованием эжектора в контуре с двухступенчатой генерацией.

Список использованных источников:

1. Pinto R., Henriques S.T., Brockway P.E., Heun M.K., Sousa T. The rise and stall of world electricity efficiency:1900–2017, results and insights for the renewables transition // *Energy*. – 2023. – Vol. 269. P.126775. doi: 10.1016/j.energy.2023.126775.
2. Абсорбционные преобразователи теплоты / А.В. Бараненко, Л.С. Тимофеевский, А.Г. Долотов, А.В. Попов: Монография. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. – 338 с.
3. Степанов К. И., Мухин Д. Г., Волкова О. В., Бараненко А. В. Анализ COP термодинамического цикла АБХМ с двухступенчатой абсорбцией при получении отрицательных температур охлаждения // *Вестник Международной академии холода*. 2016. № 1. С. 86–92.
4. Saoud A., Bruno J.C., Boukhchanaa Y. , Fella A. Performance investigation and numerical evaluation of a single-effect double-lift absorption chiller // *Applied Thermal Engineering*. – 2023. – Vol. 227. P.120369. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2023.120369.
5. Абрамов В. И., Малинина О. С. Сравнительный анализ циклов абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин // *Энергоэффективные инженерные системы, технологии СПГ. Сборник тезисов XIII Конгресса молодых ученых Университета ИТМО*. Санкт-Петербург, 2024. С. 49-50.
6. Garousi Farshi L, Seyed Mahmoudi S.M., Rosen M.A., Ferreira C.I. Thermodynamic analysis of a novel combined ejector double effect absorption refrigeration system // *10th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Refrigerants*. June 25, 2012, Delft, the Netherlands. Paper No. 290. P. 1-8. doi: 10.13140/2.1.2686.9763.