Для цитирования: *Л.В. Галимова, Д.З. Байрамов. Комплексный анализ абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины в составе энергосистемы ПГУ-110 И АБХМ. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021; 48 (1): 18-27. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-1-18-27*
For citation: *L.V. Galimova, D.Z. Bayramov. Comprehensive analysis of the absorption lithium bromide refrigerating machine as part of the CCGT-110 and ALBRM power system. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2021; 48 (1): 18-27. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-1-18-27*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ
POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING

УДК 621.362 УДК 621.56
DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-1-18-27

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ АБСОРБЦИОННОЙ БРОМИСТОЛИТИЕВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ В СОСТАВЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПГУ-110 и АБХМ

Л.В. Галимова, Д.З. Байрамов
Астраханский государственный технический университет,
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Россия

Резюме. Цель. *Применение абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины (АБХМ) для охлаждения циклового воздуха перед газотурбинной установкой (ГТУ) парогазовой турбины (ПГУ) в условиях жаркого климата доказало свою эффективность. Актуальным является поддержание проектных значений, для чего проводится постоянный мониторинг и, при необходимости корректируются параметры работы. Целью данной работы является проведение комплексного анализа АБХМ в составе энергосберегающей системы.* ***Метод.*** *В качестве методов исследования принят метод энергетического и эксергетического анализа по результатам натурного производственного эксперимента.* ***Результат.*** *Энергетический анализ проводился с использованием диаграммы ξ – i для раствора бромистого лития с водой. По результатам энергетического анализа выявлены отклонения в работе АБХМ, а эксергетический анализ подтвердил эти отклонения.* ***Вывод****. Проведенный анализ работы АБХМ позволил выявить отклонения в работе и причины, их вызывающие.*

Ключевые слова*: энергосбережение, теплоиспользующая холодильная машина, режимы работы, тепловой расчёт, эксергия*

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE ABSORPTION LITHIUM BROMIDE REFRIGERATING MACHINE AS PART OF THE CCGT-110 AND ALBRM POWER SYSTEM

L.V. Galimova, D.Z. Bayramov
Astrakhan State Technical University,
16 St., Astrakhan, Tatishcheva 414056, Russia

Abstract. Objective. *The use of an absorption lithium bromide refrigerating machine for cooling the cycle air before the gas turbine unit of a combined-cycle gas turbine in a hot climate has proven its effectiveness. It is essential to maintain the design values for which constant monitoring is carried out and the operation parameters are adjusted. The objective of this work is to conduct a comprehensive analysis of the absorption lithium bromide refrigerating machine as part of an energy-saving system.* ***Methods.*** *As a research method, the method of energy and exergetic analysis based on the results of a full-scale production experiment was adopted.* ***Results.*** *The energy analysis was performed using the ξ-i diagram for a solution of lithium bromide with water. According to the energy analysis results, deviations in the work of the absorption lithium bromide refrigerating machine were revealed, and the exergetic analysis confirmed these deviations.* ***Conclusion****. The analysis of the operation of the absorption lithium bromide refrigerating machine allowed identifying deviations in work and their causes.*

Keywords*: energy saving, heat-using refrigeration machine, operating modes, thermal calculation, exergy*

Введение. Абсорбционные холодильные машины, используемые для охлаждения циклового воздуха перед ПГУ, позволяют повысить эффективность в жаркий период времени [7,10,13,16]. Поддержание проектных значений работы АБХМ является актуальной задачей в действующих системах, для чего проводится постоянный мониторинг АБХМ, фиксируются параметры работы и при необходимости корректируются. Однако не всегда это возможно по ряду причин.

Постановка задачи. Целью работы является проведение комплексного анализа работы АБХМ в составе энергосберегающей системы для выявления возможных отклонений и причин, их вызывающих.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проведение натурно-производственного эксперимента действующей системы; проведение энергетического и эксергетического анализа работы АБХМ в составе энергосистемы; анализ результатов энергетического и эксергетического расчета.

Методы исследования. Объектом исследования является энергосберегающая система на базе ПГУ-110 и АБХМ компании ООО «ЛУКОЙЛ-Астраханьэнерго», расположенной в городе Астрахань.

Принципиальная схема системы представлена на рис. 1.

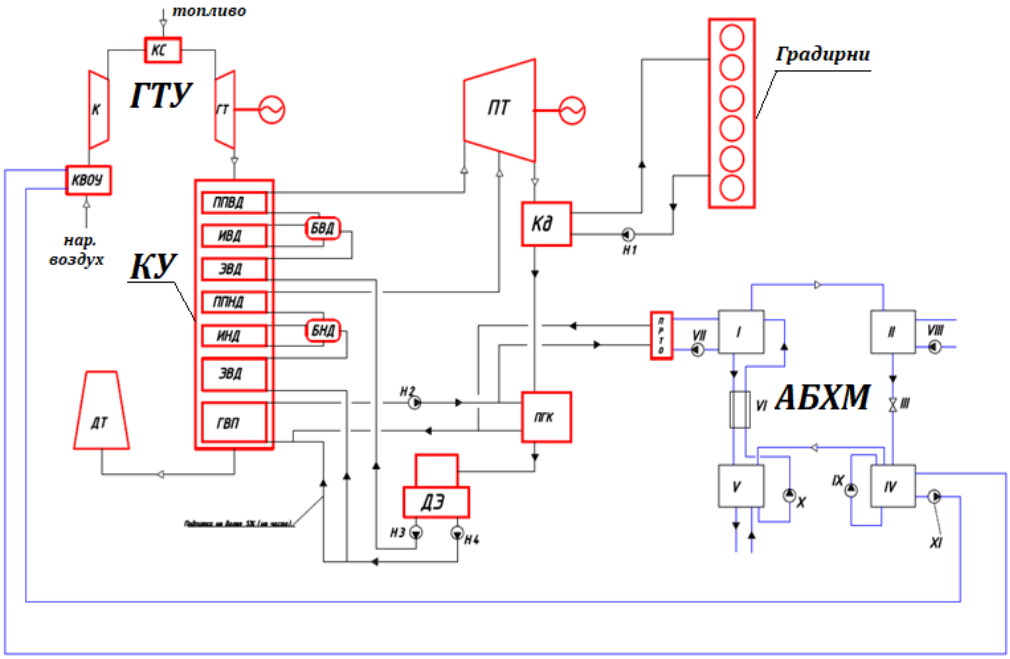

Рис. 1. Принципиальная схема энергосберегающей системы на базе ПГУ-110 и АБХМ: ГТУ – газотурбинная установка, КУ – котел-утилизатор, АБХМ – абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина, КВОУ – комбинированная воздухоочистительная установка
Fig. 1. Schematic diagram of an energy-saving system based on CCGT-110 and ABHM: GTU – gas turbine unit, HR -heat recovery boiler, ABCM-absorption lithium bromide refrigerating machine, AFCS -air filtering and conditioning system

Принцип работы парогазовой установки описан в [9, 15].

Основными энергообразующими элементами, которые связывают между собой АБХМ и ПГУ являются двухконтурный котел-утилизатор, который обеспечивает тепловую нагрузку на генератор АБХМ, и комбинированная воздухоочистительная установка (КВОУ).

Система является действующей, поэтому для сбора данных был проведен натурный эксперимент.

В табл. 1 представлены результаты натурного эксперимента за 2019 год. Энергетический расчет абсорбционной холодильной машины проводился по известной методике [2, 3, 5, 8].

Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 1. Результаты натурного эксперимента за 2019 год
Table 1. Results of the field experiment for 2019

Май May	Температура наружного воздуха, °С Temperature outside air, ° C	Относительная влажность наружного воздуха,% Relative outdoor air humidity,%	Температура греющего источника на входе в генератор, °С Heating source temperature at the generator entrance, ° C	Температура греющего источника на выходе из генератора, °С Temperature heating source at the generator outlet, ° C	Температура охлаждающей среды, °С Temperature cooling medium, ° C	Температура тосола на входе в испаритель, °С Antifreeze temperature at the inlet to the evaporator, C	Температура тосола на выходе из испарителя, °С Antifreeze temperature at the outlet of the evaporator, ° C
Июнь June	26	49	84,3	78,3	28,4	12,4	9,5
Июль July	32,5	52	85,3	80,6	28,3	11,6	9,1
Август August	31	50	84,6	79,7	29,3	10,4	7,5
Май May	32	51	89,7	84,4	29,1	10,6	7,3

Таблица 2. Результаты энергетического расчета по данным 2019 года
Table 2. Results of the energy calculation according to the data of 2019

Наименование Name	ед. изм. units rev.	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Проект Project
Температура конденсации Condensing temperature	°C	36,4	36,4	37,3	37,1	35
Температура кипения Boiling temperature	°C	4,5	6,1	5,5	3,3	2
Концентрация слабого раствора Weak solution concentration	%	52,3	52,4	51,7	52,5	53,4
Концентрация крепкого раствора Strong solution concentration	%	56,2	56,4	57,1	57,1	60,5
Кратность циркуляции Circulation rate		14,4	13,2	12,8	12,4	9,8
Расход холодильного агента Refrigerant consumption	кг/с	1,1	0,9	0,9	1	1,5
Интервал дегазации Degassing interval	%	4	4,2	4,4	4,4	6,1
Уд. тепловая нагрузка на испаритель Ud. heat load on the evaporator	кДж/кг	2372	2365	2369	2370	2378
Уд. тепловая нагрузка на конденсатор Ud. thermal load on the capacitor	кДж/кг	2485	2475	2480	2484	2499
Уд. тепловая нагрузка на абсорбер Ud. heat load on the absorber	кДж/кг	3362	3296	3272	3249	3110
Уд. тепловая нагрузка на генератор Ud. generator heat load	кДж/кг	3474	3405	3383	3364	3231
Полная тепловая нагрузка на испаритель Total heat load on the evaporator	кВт	2609	2128	2132	2370	3567
Полная тепловая нагрузка на конденсатор Total thermal load on the capacitor	кВт	2734	2228	2232	2484	3748
Полная тепловая нагрузка на абсорбер Total heat load on the absorber	кВт	3698	2966	2945	3249	4665
Полная тепловая нагрузка на генератор Total heat load on the generator	кВт	3821	3064	3045	3364	4846
Тепловой коэффициент Heat coefficient		0,68	0,69	0,7	0,7	0,75

Для сравнения результатов проведенного энергетического расчета построена гистограмма, представленная на рис. 2 –7.

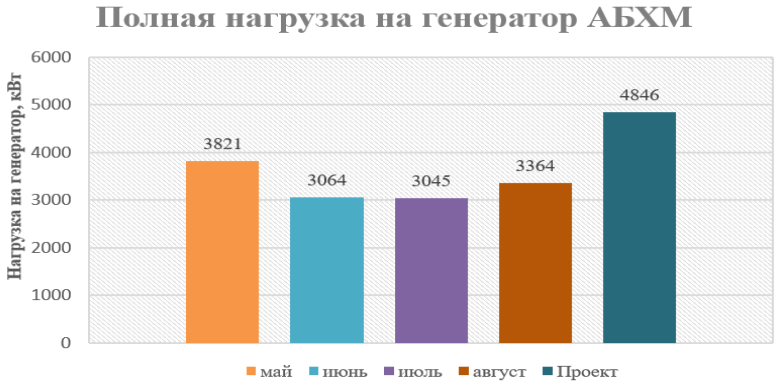

Рис.2. Полная тепловая нагрузка на генератор АБХМ
Fig. 2. Total heat load on the ABHM generator

Тепловую нагрузку на генератор АБХМ обеспечивает контур газоводяного подогревателя (ГВП) котла-утилизатора (КУ). В период 2018 года проводилась модернизация КУ, а именно монтаж дополнительных перегородок в контурах пара высокого и низкого давления, что позволило повысить паропроизводительность на паровую турбину, но при этом значительно снизилась тепловая нагрузка на контур ГВП. Все это привело к снижению тепловой нагрузки на генератор АБХМ.

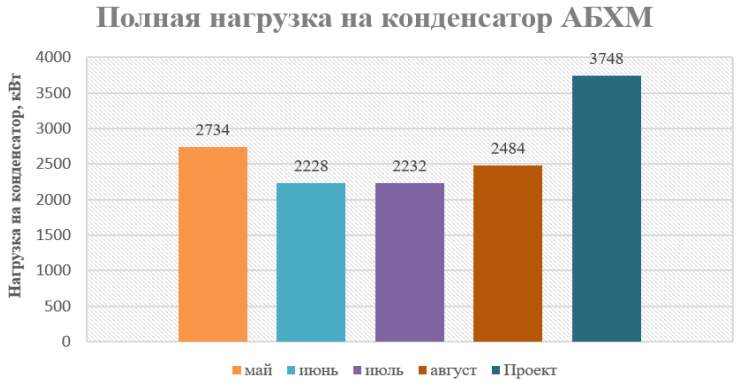

Рис. 3. Полная тепловая нагрузка на конденсатор АБХМ
Fig. 3. Total thermal load on the ABCM capacitor

Полная тепловая нагрузка на конденсатор зависит от давления конденсации и расхода холодильного агента. При уменьшении тепловой нагрузки на генератор уменьшилась выработка пара холодильного агента, что привело к уменьшению тепловой нагрузки на конденсатор.

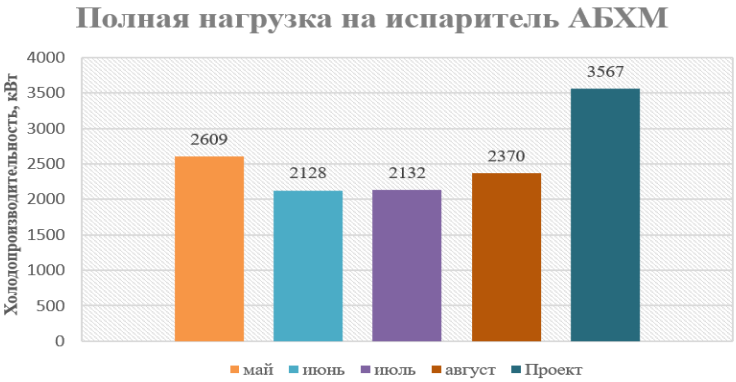

Рис. 4. Полная тепловая нагрузка на испаритель АБХМ
Fig. 4. Total heat load on the ABCM evaporator

Холодопроизводительность испарителя зависит от температуры и расхода теплоносителя, расхода и температуры испарения холодильного агента. С уменьшением производительности пара в генераторе уменьшился расход и в испаритель.

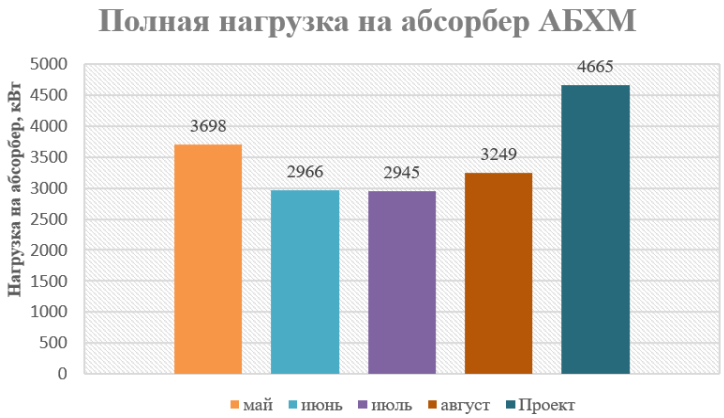

Рис. 5. Полная тепловая нагрузка на абсорбер АБХМ
Fig. 5. Total heat load on the ABCM absorber

Уменьшение тепловой нагрузки на генератор привело к уменьшению концентрации крепкого раствора перед абсорбером. Уменьшение расхода холодильного агента наряду с уменьшением концентрации крепкого раствора привело к снижению полной тепловой нагрузки на абсорбер, что, в конечном счёте, снизило интервал дегазации (рис. 6).

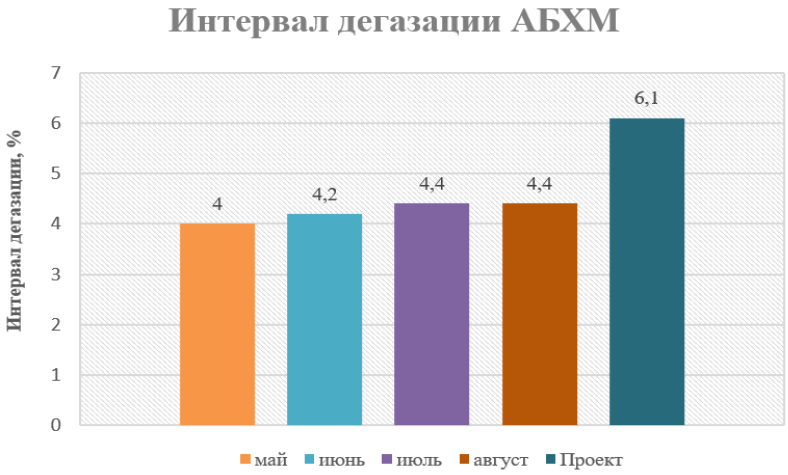

Рис. 6. Интервал дегазации
Fig. 6. Degassing interval

На рис.7 представлена сравнительная гистограмма теплового коэффициента, который позволяет оценить эффективность работы АБХМ.

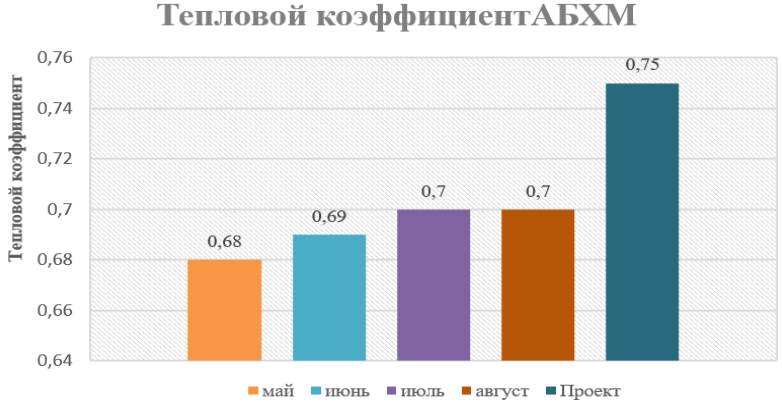

Рис.7. Тепловой коэффициент
Fig. 7. Thermal coefficient

Как можно видеть по гистограмме, наблюдается снижение действительного теплового коэффициента в сравнении с проектным. Характер изменения объясняется одновременным снижением тепловых нагрузок на генератор и на испаритель. Проведенный энергетический анализ позволяет количественно оценить эффективность работы АБХМ. Для качественной оценки работы АБХМ целесообразно применять термодинамический анализ. Для данной работы принят эксергетический метод, как наиболее подходящий для анализа теплоиспользующих холодильных машин [1, 20].

В рамках эксергетического анализа в данной работе определялись значения потоков эксергии, а затем строились эксергетические балансы каждого элемента и всей системы в целом по известной методике [4,6,11,17,18]. Результаты эксергетического анализа представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3. Результаты эксергетического анализа АБХМ
Table 3. Results of exergetic analysis of ABCM

Элемент АБХМ Element АВНМ	Май May			Июнь June			Июль July			Август August		
	Ed	yd	e	Ed	yd	e	Ed	yd	e	Ed	yd	e
	кВт	%	%	кВт	%	%	кВт	%	%	кВт	%	%
Генератор Generator	79,3	14,3	87	74,4	16,3	83,2	72	15,8	84,2	98,5	18,4	81,6
Абсорбер Absorber	58,8	10,6	42	43,8	9,6	44,3	35,1	7,7	41,6	43	8	42,3
Конденсатор Capacitor	76,6	13,8	29,1	75,3	16,5	31,1	59,8	13,1	29,4	68,5	12,8	27,2
Испаритель Evaporator	175,4	31,6	78,6	105	23	75,4	128	24	81,5	145	27,1	79,2
РВ РВ	6,1	1,1	65	7,8	1,7	31,3	7,3	1,6	34	9,1	1,7	35
ТО растворов ТО solutions	100,5	18,1	58	73	16	61	75,3	16,5	63,2	91	17	64

Таблица 4. Сравнение результатов с проектом для системы в целом
Table 4. Comparison of results with the project for the system as a whole

Месяц Month	Ef	Ep	∑Ed	yd	e
	кВт	кВт	кВт	%	%
Май May	623	111	512	82,2	17,8
Проект Project	867	185	682	78,7	21,3
Июнь June	456	76,9	379,1	83,1	16,86
Проект Project	774	174	600	77,5	22,5
Июль July	456	78	378	82,9	17,11
Проект Project	787	165	622	79,0	21,0
Август August	535	79,9	455,1	85,1	14,93
Проект Project	774	174	600	77,5	22,5

На рис. 8 – 12 представлены гистограммы, в которых сравниваются результаты эксергетического анализа всей системы по результатам натурного эксперимента и проектных значений.

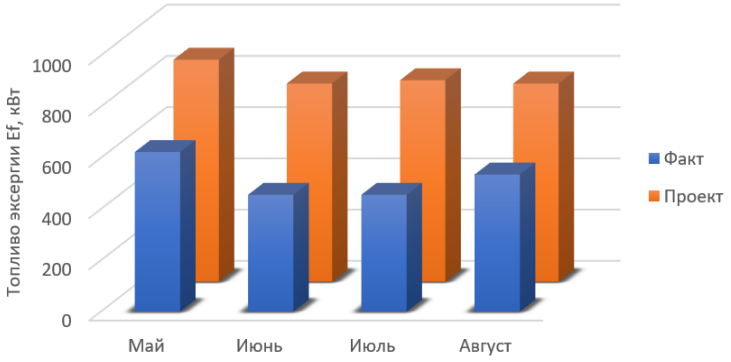

Рис.8. Топливо эксергии системы
Fig.8. Fuel of the exergy system

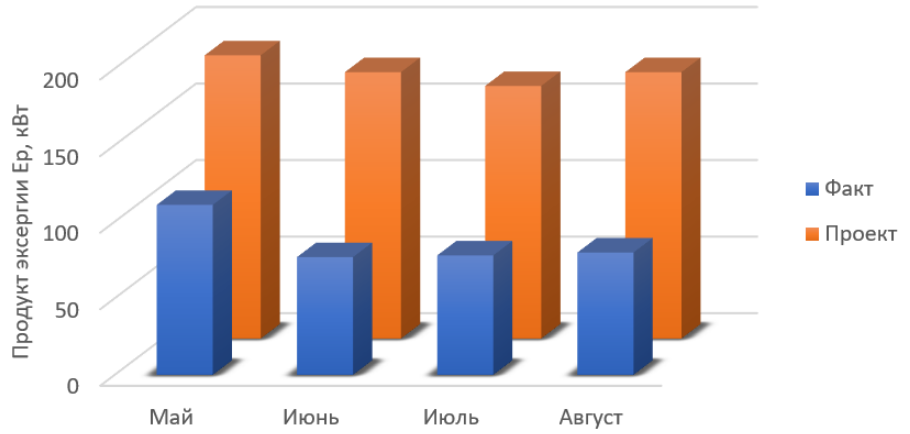

Рис.9. Продукт эксергии системы
Fig. 9. Exergy product of the system

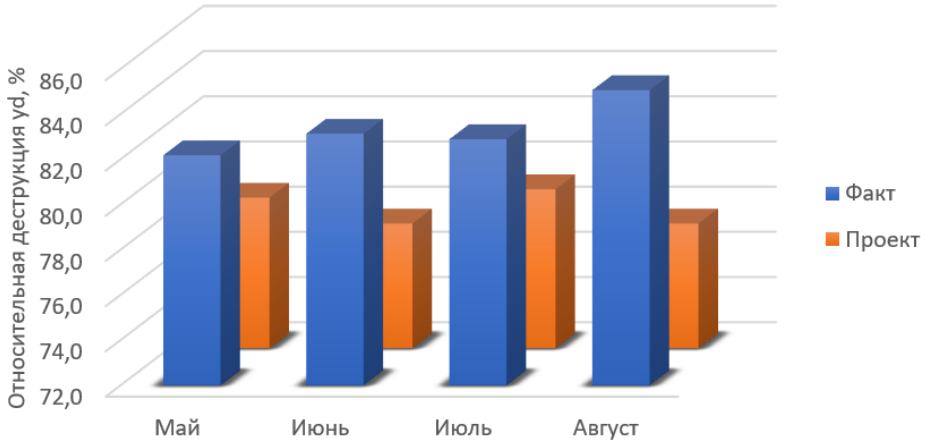

Рис.10. Относительная деструкция эксергии
Fig.10. Relative destruction of exergy

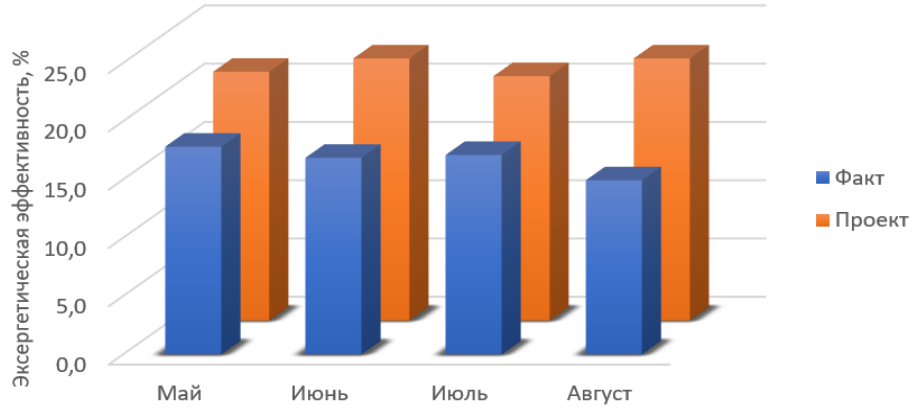

Рис. 11. Эксергетическая эффективность всей системы АБХМ
Fig. 11. Exergetic efficiency of the entire ABCM system

Для наглядности на рис. 12 представлена итоговая диаграмма распределения потоков и потерь эксергии.

Обсуждение результатов. Результаты эксергетического анализа подтверждают предположения. Снижение тепловой нагрузки на генератор, как основного источника энергии, приводит к снижению эксергии топлива системы, а снижение расхода холодильного агента привело к уменьшению эксергии продукта системы.

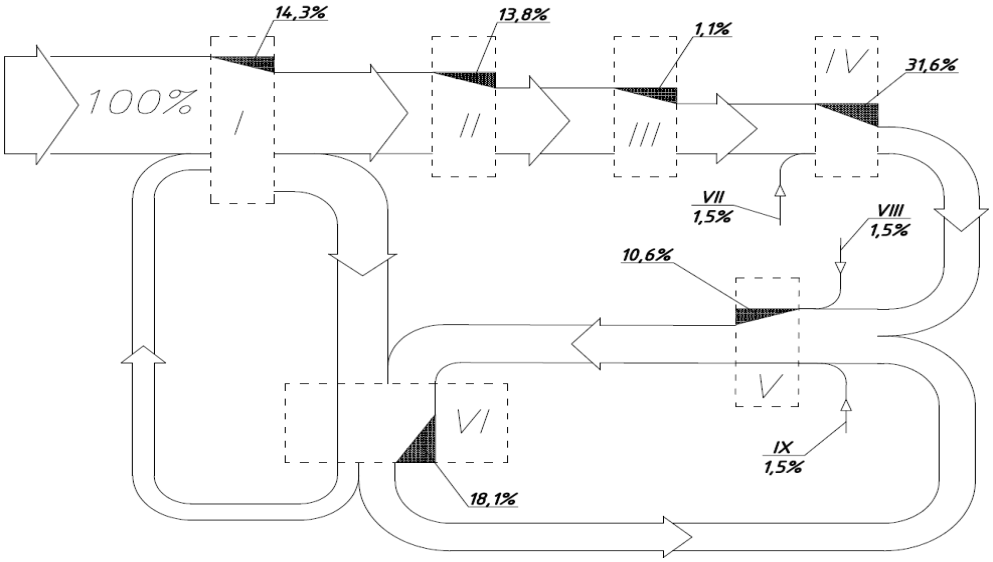

Рис. 12. Диаграмма потоков и потерь эксергии
Fig. 12. Exergy flow and loss diagram

Относительная деструкция эксергии показывает связь между деструкцией эксергии по отношению к эксергии топлива [12,14,19]. Увеличение относительной деструкции эксергии связано с ростом потерь давления в трубопроводах системы теплоносителя испарителя и греющего источника, что также можно видеть по результатам энергетического анализа.

Все эти отклонения приводят к снижению эксергетической эффективности системы в целом, как показано на рис. 11, что подтверждает результаты энергетического анализа, а именно снижение производительности АБХМ.

Результаты проведенного анализа позволили выявить отклонения в работе АБХМ относительно проектных данных. Нагрузка на генератор АБХМ снизилась в среднем на 31 %, что привело к снижению нагрузки на абсорбер на 31%, а на конденсатор и испаритель в среднем на 35 %.

Эксергетический анализ также подтвердил снижение производительности, а именно снижение эксергетической эффективности в среднем на 22,5 %.

Вывод. Проведенный энергетический анализ по результатам натурного эксперимента позволил выявить отклонения в работе АБХМ в составе энергосберегающей системы и установить их причины.

Эксергетический анализ подтвердил результаты энергетического анализа и позволил качественно оценить работу АБХМ. Результаты проведенного анализа в дальнейшем будут применены для проверки адекватности разрабатываемой имитационной модели.

Библиографический список:

1. Архаров А.М. Почему эксергетический вариант термодинамического анализа нерационален для исследования основных низкотемпературных систем // Холодильная техника. 2011. № 10. С. 8-12.
2. Бамбушек Е.М., Бухарин Н.Н., Герасимов Е.Д. и др. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / под общ. ред. Сакуна И.А. Л.: Машиностроение, 1987. 423 с.
3. Бараненко А.В., Бухарин Н.Н., Пекарев В.И., Тимофеевский Л.С. Холодильные машины. М.: Политехника, 2006. 944 с.
4. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К., Эксергетический метод и его приложения. Под редакцией В.М. Бродянского. М.: Энергоатомиздат, 1988. 288 с.
5. Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы. Издательство АГТУ, 1997. 226 с.
6. Галимова Л. В., Байрамов Д. З. Термодинамический анализ работы парогазовой установки в составе энергосберегающей системы на базе абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2020. Т. 4, № 4.С. 57–65. DOI: 10.25206/2588-0373-2020-4-4-57-65.

7. Дагодин Д. Л., Анохин А. Б., Латыпов Г. Г., Крыкин И. Н. Охлаждение циклового воздуха компрессора ПГУ-110 с помощью абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин //Газотурбинные технологии. 2014. № 10. С. 8-12.
8. Дзино А.А., Малинина О.С. Абсорбционные холодильные машины. СПб.: университет ИТМО, 2015. 68 с.
9. Зысин Л. В. Парогазовые и газотурбинные тепловыеэлектростанции. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 368 с.
10. Матюнин Д.Ю., Полуэктова Т.Ю., Анохин А.Б., Крыкин И.Н. Об итогах реализации проекта охлаждения циклового воздуха компрессора ГТУ ПГУ-110 с применением АБХМ // Газотурбинные технологии. 2015. Т. 135, № 8. С. 12-16.
11. Морозюк Л.И., Грудка Б.Г. Введение в эксергетический анализ абсорбционно-резорбционной холодильной машины // Холодильная техника и технология. 2017. Т. 51, № 1. С. 4-10. DOI: http://dx.doi.org/10.15673/ret.v53i1.533
12. Морозюк Т.В. Новый этап в развитии эксергетического анализа // Холодильная техника и технология. 2014. Т. 50, № 4. С. 13-17.
13. Радченко А. Н., Кантор С. А. Эффективность способов охлаждения воздуха на входе ГТУ компрессорных станций в зависимости от климатических условий // Авиационно-космическая техника и технология. 2015. № 1 (118). С. 95–98.
14. Тсатсаронис Д. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы. Одесса: Студия «Негоциант», 2002. 152 с.
15. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций.М.: Изд-во МЭИ, 2002. 584 с.
16. Цхяев А.Д., Кузьмина Т.Г., Использование АБХМ в системе охлаждения воздуха на входе в компрессор ГТУ// Турбины и дизели. 2015. сентябрь-октябрь. С. 10-13.
17. Шаргут Я. Эксергия [Текст]/Шаргут Я., Петела Р. под редакцией В.М. Бродянского В.М. М.: Энергия, 1968. 288 с.
18. Morosuk T., Tsatsaronis G. A new approach to the exergy analysis of absorption refrigeration machines. Int. J. Energy. 2008 Sep 1; 33 (6). pp. 890-907. DOI: 10.1016/j.energy.2007.09.012
19. Panahizadeh, F., Hamzehei, M., Farzaneh-Gord, M. et al. Energy, exergy, economic analysis and optimization of single-effect absorption chiller network. J Therm Anal Calorim (2020). https://doi.org/10.1007/s10973-020-09966-4
20. Tenkeng, M., Wouagfack, P. and Tchinda, R. (2019) Exergy Analysis of a Double-Effect Solar Absorption Refrigeration System in Ngaoundere. World Journal of Engineering and Technology, 7, 158-174. DOI: 10.4236/wjet.2019.71011.

References:

1. Arkharov A.M. Pochemu eksergeticheskiy variant termodinamicheskogo analiza neratsionalen dlya issledovaniya osnovnykh nizkotemperaturnykh sistem // Kholodil'naya tekhnika. 2011. № 10. S. 8-12 [Arkharov A.M. Why the exergetic variant of thermodynamic analysis is irrational for the study of basic low-temperature systems. // Technical refrigeration. 2011. No. 10. pp. 8-12. (In Russ)]
2. Bambushek Ye.M., Bukharin N.N., Gerasimov Ye.D. i dr. Teplovyye i konstruktivnyye raschety kholodil'nykh mashin / pod obshch. red. Sakuna I.A. L.: Mashinostroyeniye, 1987. 423 s. [Bambushek E. M., Bukharin N. N., Gerasimov E. D., and others. Thermal and structural calculations of refrigerating machines / ed. Sakun I. A.-L.: mechanical engineering, 1987. 423 p. (In Russ)]
3. Baranenko A.V., Bukharin N.N., Pekarev V.I., Timofeyevskiy L.S. Kholodil'nyye mashiny. M.: Politekhnika, 2006. 944 s [Baranenko A.V., Bukharin N. N., Pekarev V. I., Timofeevsky L. S. Refrigerating machines. – M.: University Of Technology, 2006. 944 p. (In Russ)]
4. Brodyanskiy V.M., Fratsher V., Mikhalek K., Eksergeticheskiy metod i yego prilozheniya. Pod redaktsiyey V.M. Brodyanskogo. M.: Energoatomizdat, 1988. 288 s. [Brodyansky V. M., Fratscher V., Mikhalek K., Exergetic method and its applications. Edited by V. M. Brodyansky. - M.: Energoatomizdat, 1988. 288 p. (In Russ)]
5. Galimova L.V. Absorbtsionnyye kholodil'nyye mashiny i teplovyye nasosy. Izdatel'stvo AGTU, 1997. 226 s. [Galimova L. V. Absorption refrigerating machines and heat pumps. - AGTU publishing house, 1997. – 226 p. (In Russ)]
6. Galimova L. V., Bayramov D. Z. Termodinamicheskiy analiz raboty parogazovoy ustanovki v sostave energosberegayushchey sistemy na baze absorbtsionnoy bromistolitiyevoy kholodil'noy mashiny // Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatsionno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. 2020. T. 4, № 4.S. 57–65. DOI: 10.25206/2588-0373-2020-4-4-57-65. [Galimova L. V., Bairamov D. Z. Thermodynamic analysis ofcombined cycle plant operation as part of an energy-saving systembased on an absorption bromide-lithium refrigerating machine //Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and PowerEngineering. 2020. Vol. 4, no. 4. pp. 57–65. DOI: 10.25206/2588-0373-2020-4-4-57-65. (In Russ)]
7. Dagodin D. L., Anokhin A. B., Latypov G. G., Krykin I. N. Okhlazhdeniye tsiklovogo vozdukha kompressora PGU-110 s pomoshch'yu absorbtsionnykh bromisto-litiyevykh kholodil'nykh mashin //Gazoturbinnyye

tekhnologii. 2014. № 10. s. 8-12. [Dzino A. A., Malinina O. S. Absorption refrigerating machines. St. Petersburg: ITMO University, 2015. 68 p. (In Russ)]

8. Dzino A.A., Malinina O.S. Absorbtsionnyye kholodil'nyye mashiny. SPb.: universitet ITMO, 2015. 68 s. [Dagodin D. L., Anokhin A. B., Latypov G. G., Krykin I. N. Cooling of the cyclic air of the PGU-110 compressor with the help of absorption lithium-bromide refrigerating machines. 2014. No 10. pp. 8-12.
9. Zysin L. V. Parogazovyye i gazoturbinnyye teplovyyeelektrostantsii. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2010. 368 s. [Sysin L. V. combined-cycle and gas-turbine thermal power plant. SPb.: Publishing house of Polytechnical Institute. un-ta, 2010. 368 p. (In Russ)]
10. Matyunin D.YU., Poluektova T.YU., Anokhin A.B., Krykin I.N. Ob itogakh realizatsii proyekta okhlazhdeniya tsiklovogo vozdukha kompressora GTU PGU-110 s primeneniyem ABKHM // Gazoturbinnyye tekhnologii. 2015. T. 135, № 8. S. 12-16. [Matyunin D. Yu., Poluektova T. Yu., Anokhin A. B., Krygin I. N. On the results of the project of cooling the cyclic air of the compressor GTU PGU-110 with the use of ABHM / / Gas Turbine technologies. 2015. Vol. 135, No. 8. pp. 12-16. (In Russ)]
11. Morozyuk L.I., Grudka B.G. Vvedeniye v eksergeticheskiy analiz absorbtsionno-rezorbtsionnoy kholodil'noy mashiny // Kholodil'naya tekhnika i tekhnologiya. 2017. T. 51, № 1. S. 4-10. DOI: http://dx.doi.org/10.15673/ret.v53i1.533 [Morozyuk L. I., Grudka B. G. Introduction to the exergetic analysis of the absorption-resorption refrigerating machine. 2017. Vol. 51, No. 1. pp. 4-10. DOI: http://dx.doi.org/10.15673/ret.v53i1.533(In Russ)]
12. Morozyuk T.V. Novyy etap v razvitii eksergeticheskogo analiza // Kholodil'naya tekhnika i tekhnologiya. 2014. T. 50, № 4. S. 13-17. [Morozyuk T. V. a New stage in the development of exergy analysis // Refrigeration equipment and technology. 2014. Vol. 50, No. 4. pp. 13-17. (In Russ)]
13. Radchenko A. N., Kantor S. A. Effektivnost' sposobov okhlazhdeniya vozdukha na vkhode GTU kompressornykh stantsiy v zavisimosti ot klimaticheskikh usloviy // Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya. 2015. № 1 (118). S. 95–98. [Radchenko A. N., Kantor S. A. Efficiency of air cooling methods at the inlet of GTU compressor stations depending on climatic conditions // Aerospace engineering and technology. 2015. No. 1 (118). pp. 95-98. (In Russ)]
14. Tsatsaronis D. Interaction of thermodynamics and economics for minimizing the cost of an energy-converting system. Odessa: Studio "Negociant", 2002. 152 p.
15. Tsanev S. V., Burov V. D., Remezov A. N. Gazoturbinnyye i parogazovyye ustanovki teplovykh elektricheskikh stantsiy.M.: Izd-vo MEI, 2002. 584 s. [Tsanev S. V., Burov V. D., Remezov A. N. Gas turbine and steam-gas installations of thermal power stations. Moscow: MEI Publishing House, 2002. 584 p. (In Russ)]
16. Tskhyayev A.D., Kuz'mina T.G., Ispol'zovaniye ABKHM v sisteme okhlazhdeniya vozdukha na vkhode v kompressor GTU// Turbiny i dizeli. 2015. sentyabr'-oktyabr'. S. 10-13. [Tskhyaev A.D., Kuzmina T. G., The use of ABCM in the air cooling system at the inlet to the GTU compressor/ / Turbines and diesels. 2015. September-October. pp. 10-13. (In Russ)]
17. [Sargut Ya. Exergia [Text] / Shargut Ya., Petela R. edited by V. M. Brodyansky V. M.-M.: Energiya, 1968. 288 p. (In Russ)]
18. Morosuk T., Tsatsaronis G. A new approach to the exergy analysis of absorption refrigeration machines. Int. J. Energy. 2008 Sep 1; 33 (6). pp. 890-907. DOI: 10.1016/j.energy.2007.09.012
19. Panahizadeh, F., Hamzehei, M., Farzaneh-Gord, M. et al. Energy, exergy, economic analysis and optimization of single-effect absorption chiller network. J Therm Anal Calorim (2020). https://doi.org/10.1007/s10973-020-09966-4
20. Tenkeng, M., Wouagfack, P. and Tchinda, R. (2019) Exergy Analysis of a Double-Effect Solar Absorption Refrigeration System in Ngaoundere. World Journal of Engineering and Technology, 7, 158-174. DOI: 10.4236/wjet.2019.71011.

Сведения об авторах:
Галимова Лариса Васильевна, доктор технических наук, профессор, e-mail: galimova_lv@mail.ru
Байрамов Джамиль Загидович, аспирант, e-mail: bairamov.dzhamil@mail.ru

Information about the authors:
Larisa V. Galimova, Dr. Sci. (Technical), Prof., e-mail: galimova_lv@mail.ru
Dzhamil Z. Bayramov, Postgraduate, e-mail: bairamov.dzhamil@mail.ru

Конфликт интересов.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Поступила в редакцию 11.12.2020.
Принята в печать 20.01.2021.

Conflict of interest.
The authors declare no conflict of interest.
Received 11.12.2020.
Accepted for publication 20.01.2021.