

УДК 697.9

Анализ энергетической эффективности включения теплонасосной установки и солнечных коллекторов в состав абсорбционных холодильных машин в системах централизованного кондиционирования

Е. В. МЕРЕУЦА¹, д-р техн. наук А. А. СУХИХ²¹spartakmereuca@mail.ru, ²sukhikhAA@mpei.ru

НИУ «Московский Энергетический Институт»

Предлагается и анализируется схемное решение по обеспечению теплоснабжения генератора абсорбционной холодильной машины (АХМ) в системах централизованного кондиционирования с помощью теплонасосной установки (ТНУ) и солнечных коллекторов. ТНУ используется не только для обеспечения работы генератора, но и для снятия части нагрузки по отводу теплоты в окружающую среду. Предложение авторов статьи по включению ТНУ в состав АХМ сделано впервые. В результате анализа энергетической эффективности такой комбинированной системы выявлен ряд технологических и экологических преимуществ по сравнению с показателями распространенных систем компрессионного кондиционирования. Рассчитаны различные режимы работы проектируемой установки в зависимости от обеспечения необходимой холодопроизводительности комплекса кондиционирования и сделан вывод о том, что применение ТНУ как базовой основы теплоснабжения генератора АХМ обеспечивает существенное повышение холодильного коэффициента всего комплекса, а также обеспечивает снижение нагрузки на градирню, а значит и уменьшение затрат на основное оборудование. Показано, что максимальная энергетическая эффективность комплекса достигается именно при максимальной нагрузке кондиционирования.

Ключевые слова: централизованное кондиционирование, абсорбция, абсорбционная холодильная машина, теплонасосная установка, солнечный коллектор, энергетическая эффективность, холодопроизводительность, холодильный коэффициент, коэффициент преобразования ТНУ, генератор, испаритель, конденсатор, абсорбер, градирня.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 06.03.2017, принята к печати 15.05.2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-43-49

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Мереуца Е. В., Сухих А. А. Анализ энергетической эффективности включения теплонасосной установки и солнечных коллекторов в состав абсорбционных холодильных машин в системах централизованного кондиционирования // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 43–49.

Energy efficiency analysis of incorporating heat pumps and solar collectors in the composition of the absorption refrigerating machines in a centralized air-conditioning systems

E. V. MEREUTSA¹, D. Sc. A. A. SUKHIKH²¹spartakmereuca@mail.ru, ²sukhikhAA@mpei.ru

National Research University «MPEI»

The article deals with a circuit design to ensure heat supply for the absorption generator of a chiller in a centralized air-conditioning system with the use of a heat pump and solar collectors. The heat pump is used not only to ensure the operation of the generator, but also to release a part of the heat load into the environment. The proposal of the authors for the inclusion of heat pumps in the chiller was made for the first time. The analysis of the energy efficiency of such a combined system identified a number of technological and ecological advantages in comparison with indicators of the conventional systems of compression air-conditioning. Various modes of operation of the designed installation depending on the necessary cooling capacity of conditioning complex are presented and it was concluded that the use of heat pumps as a base for the heat generator of the chiller resulted in significant increase of the refrigeration coefficient for the entire complex and also reduced the load on the cooling tower and, therefore, reduced the cost of basic equipment. The maximum energy efficiency of the complex was shown to be achieved at maximum air-conditioning load.

Keywords: central air conditioning, absorption, absorption refrigeration machine, heat pump installation, solar collector, energy efficiency, cooling capacity, cooling coefficient, conversion coefficient of heat pump, generator, evaporator, condenser, absorber, cooling tower.

Article info:

Received 06/03/2017, accepted 15/05/2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-43-49

Article in Russian

For citation:

Mereutsa E. V., Sukhikh A. A. Energy efficiency analysis of incorporating heat pumps and solar collectors in the composition of the absorption refrigerating machines in a centralized air-conditioning systems. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p. 43–49.

Холодильные машины абсорбционного типа (АХМ) широко представлены на рынке оборудования и систем централизованного кондиционирования. Установки, производимые в настоящее время, достаточно надежны и эффективны, имеют высокий уровень автоматизации контроля и управления режимами работы, не издадут шума и вибрации, не требуют постоянного надзора и присутствия специалистов, а техническое обслуживание обычно ограничивается лишь проверкой систем и общим осмотром. Основной технической проблемой их широкого применения является необходимость обеспечения тепловой энергией генератора мощностью в несколько сот киловатт. Для этой цели необходимо наличие специальных устройств для производства или утилизации тепловой энергии: котлов, работающих на первичном топливе; котлов-утилизаторов уходящих газов [1]; теплообменников на линиях теплофикационного снабжения [2]; солнечных коллекторов [3, 4] или электронагревателей. Ясно, что использование электрического подогрева является наиболее затратным способом.

Проблемы обеспечения АХМ топливным устройством сжигания и соответствующими коммуникациями, зависимость абсорбционной машины от непрерывного потока высокотемпературного газа, сезонное отключение теплофикационных нагрузок, именно в летние дни, когда многократно возрастает потребность в кондиционировании — все эти перечисленные факторы ограничивают рамки широкого применения и конкурентоспособности АХМ на рынке холодильного оборудования.

В настоящей статье предлагается и анализируется схемное решение на основе включения в состав АХМ теплонасосной установки (ТНУ) и солнечных коллекторов (СолКол). ТНУ используется не только для обеспечения работы генератора, но и для снятия части нагрузки по отводу теплоты в окружающую среду. На основе результатов расчета такой комплексной схемы доказываются в первую очередь возможность существенного повышения эффективности АХМ в системах централизованного кондиционирования.

На рис. 1 показана схема АХМ с подключением в качестве источников теплоты для генератора теплонасосной

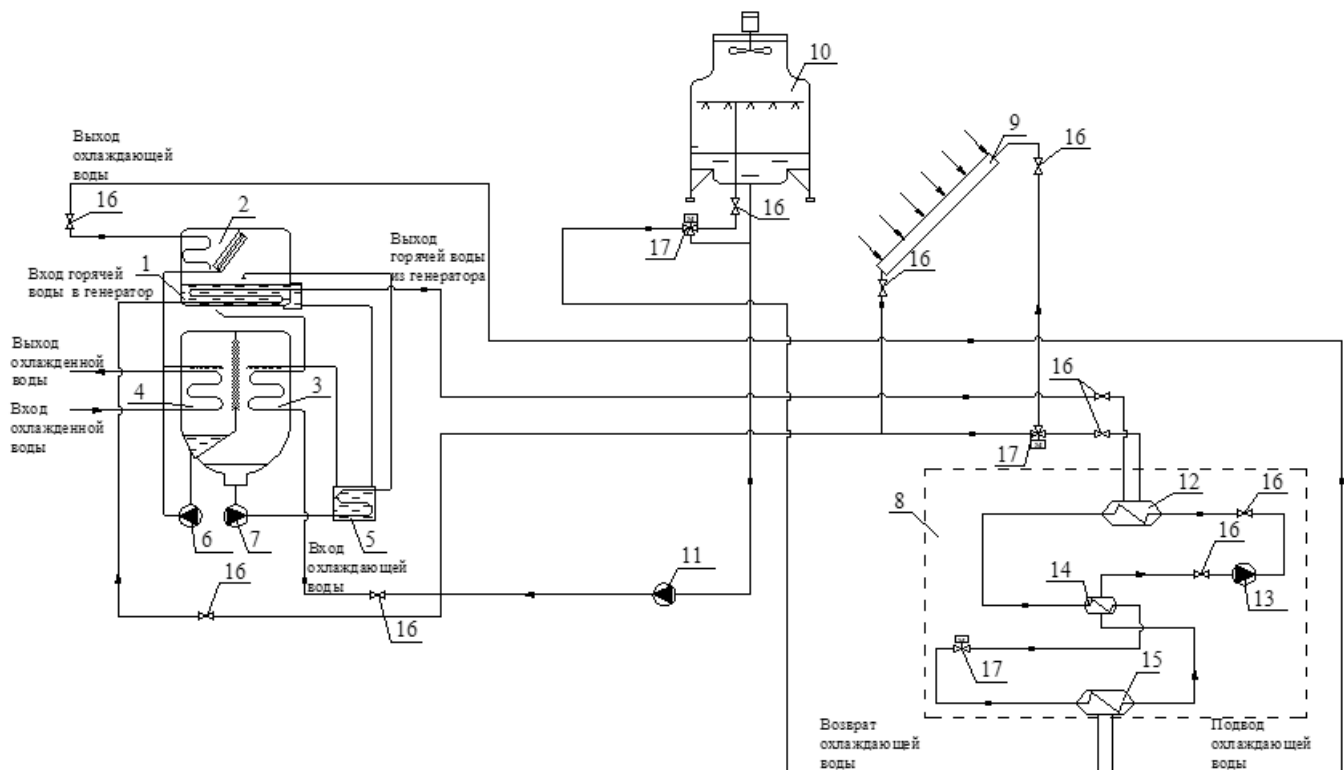


Рис. 1. Абсорбционная холодильная машина со встроенной теплонасосной установкой и солнечным коллектором

установки и последовательно соединенного к ней солнечного коллектора. Предполагается, в результате такого технического решения, снизить на 20–40% нагрузку по отводу теплоты (мощность охлаждения) на градирню, повысить холодильный коэффициент АХМ и маневренность нагрузок, обеспечить гибкость регулирования при изменяющейся интенсивности солнечного подогрева за счет перераспределения нагрузки ТНУ и солнечного коллектора.

Абсорбционная холодильная машина со встроенной теплонасосной установкой содержит блок генератора 1 с первым конденсатором 2, блок абсорбера 3 с первым испарителем 4, первый регенеративный теплообменник 5, насос хладагента 6, насос для слабого раствора 7, теплонасосную установку 8, солнечный нагреватель 9, градирню 10 и насос охлаждающей воды 11. Теплонасосная установка 8 включает в себя второй конденсатор 12, компрессор 13, второй регенеративный теплообменник 14 и второй испаритель 15. На схеме показаны затворы 16, а также регулирующие клапаны 17.

Абсорбционная холодильная машина со встроенной теплонасосной установкой работает следующим образом. Гидравлическая система работает в условиях вакуума; хладагент (вода) кипит при низкой температуре, отводя теплоту от охлаждаемой воды, циркулирующей в трубах первого испарителя 4, расход и температура которой обеспечивают требуемую мощность кондиционирования. Насос хладагента 6 используется для подачи хладагента (воды) в первый испаритель и дальнейшего разбрызгивания хладагента (воды) на его трубы для улучшения теплообмена.

Для поддержания низкого давления в первом испарителе и обеспечения непрерывности процесса охлаждения, пары хладагента должны абсорбироваться (поглощаться) в абсорбере 3. Для абсорбирования водяных паров используется крепкий раствор (например, LiBr), имеющий высокую поглощающую способность и посту-

пающий из генератора в абсорбер 3. В процессе абсорбции водяных паров раствор разбавляется, что снижает его поглощающую способность; раствор становится слабым. Затем насос слабого раствора 7 перекачивает слабый раствор в генератор 1, где происходит одностадийное концентрирование раствора за счет испарения ранее абсорбированной воды. Слабый раствор (низкой концентрации) сначала подается в генератор 1, где он нагревается и превращается в крепкий раствор высокой концентрации за счет выпаривания из него водяного пара при подводе теплоты от горячей воды (источник тепловой энергии). Водяной пар из генератора поступает в первый конденсатор 2 для охлаждения и конденсации.

Затем хладагент возвращается в первый испаритель для возобновления рабочего цикла. Для отвода теплоты, выделяющейся при конденсации водяных паров хладагента в первом конденсаторе 2, используется охлаждающая вода от градирни 10, которая сначала направляется в абсорбер 3 для поглощения теплоты абсорбции, далее из абсорбера подается в первый конденсатор 2, затем проходит через второй испаритель 15, где в свою очередь охлаждает рабочее вещество теплонасосной установки 8 и возвращается на градирню 10.

Горячий теплоноситель низкого температурного потенциала из генератора 1 направляется во второй конденсатор 12, где подогревается за счет теплообмена с горячим рабочим телом теплонасосной установки 8, проходит солнечный нагреватель 9, который периодически включается для дополнительного подогрева теплоносителя в пике нагрузок и возвращается в генератор 1 в качестве теплоносителя высокого температурного потенциала.

Теплонасосная установка 8 работает для переноса тепловой энергии от охлаждающей воды (с низкой температурой) к горячей воде, используемой в генераторе абсорбционной холодильной машины, с более высокой температурой.

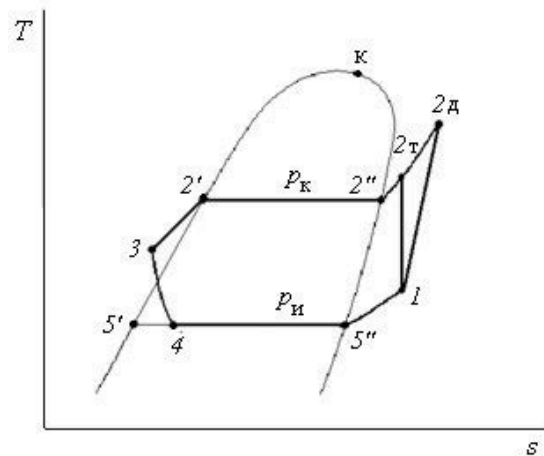
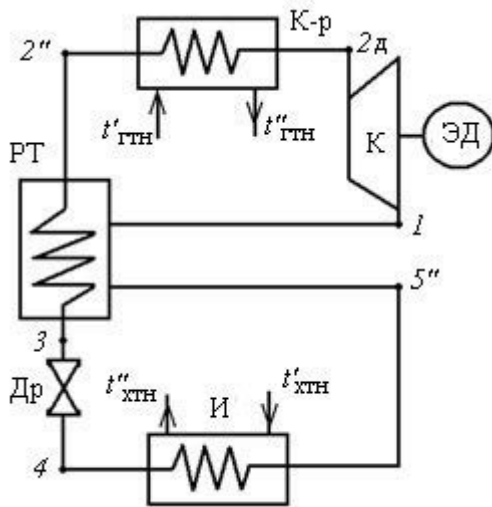


Рис. 2. Принципиальная схема и рабочий цикл теплонасосной установки:

К — компрессор; ЭД — электродвигатель; К-р — конденсатор; РТ — регенеративный теплообменник; Др — дроссель; И — испаритель; $t'_{гтн}$ и $t''_{гтн}$ — температура «горячего» теплоносителя на входе и выходе из конденсатора установки; $t'_{хтн}$ и $t''_{хтн}$ — температура «холодного» теплоносителя на входе и выходе из испарителя установки; p_k — давление конденсации; p_u — давление испарения

Таблица 1

Технические характеристики абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины LUC-HWAR-L40HH

Холодопроизводительность	кВт	150
Холодильный коэффициент		0,83
Контур охлажденной воды (кондиционирование)	Температура на входе, °С	12
	Температура на выходе, °С	7
	Расход хладагента, м ³ /ч	25,8
Контур горячей воды (теплоснабжение генератора)	Температура на входе, °С	105
	Температура на выходе, °С	75
	Расход горячей воды, м ³ /ч	5,2
Тепловая мощность генератора	кВт	180,7
Контур охлаждающей воды (отвод теплоты абсорбера и конденсатора АХМ)	Температура на входе, °С	28
	Температура на выходе, °С	34
	Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	47,3
Холодопроизводительность градирни	кВт	330,3
Потребляемая мощность на привод насосов	кВт	2,2

На рис. 2 приведены тепловая схема и рабочий цикл теплонасосной установки, включенной в контур АХМ в качестве основного источника теплоты для генератора.

В качестве базовой для расчетного анализа выбрана широко представленная на рынке абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина LUC-HWAR-L40HH (производство фирмы «Lessag», Южная Корея) (табл. 1).

Теплонасосные установки необходимого температурного диапазона на рынке отсутствуют. Однако, основные элементы такой установки: компрессор и теплообменное оборудование — могут быть подобраны по результатам проектирования такой установки на низкокипящем рабочем веществе фторорганического состава. Опыт такого проектирования и выбора наиболее эффективного хладагента, разработки и испытания опытно-промышленных образцов ТНУ на новых рабочих телах отражен в работах авторов [5–8]. В настоящей работе используются обоснования по выбору хладагента, сделанные ранее, и предлагается в качестве рабочего вещества ТНУ октафторциклобутан (RC318, с-С₄F₈). Расчет рабочих параметров цикла ТНУ производился по программе Национального Бюро Стандартов (США) [9].

Эффективность ТНУ оценивается, прежде всего, коэффициентом преобразования, представляющим собой отношение количества теплоты $q_1 = h_{2d} - h'_{2'}$, сообщенной нагреваемому объекту, к работе $l_{ц} = h_{2d} - h_1$, подведенной в цикле:

$$\mu_{\text{ТНУ}} = \frac{q_1}{l_{ц}}. \quad (1)$$

Расчет цикла ТНУ на RC318 с учетом заданных исходных данных, в качестве которых используются температуры испарения $t_{ц}$ и конденсации $t_{к}$ в теплообменных аппаратах, а также мощность выработанная конденсатором $N_{к}$, определил значения тепловой мощности испарителя и электрической мощности компрессора:

$$N_{и} = G_{\text{RC318}}(h_{5'} - h_4); \quad (2)$$

$$N_{\text{ком}}^{\text{ТНУ}} = N_{к} - N_{и}, \quad (3)$$

где G_{RC318} — расход фреона в контуре ТНУ и определяется как

$$G_{\text{RC318}} = \frac{N_{к}}{q_1}. \quad (4)$$

Мощность генератора АХМ складывается из мощностей конденсатора ТНУ и солнечных коллекторов

$$N_{\text{ген}}^{\text{АХМ}} = N_{к} + N_{\text{Сол.Кол.}} \quad (5)$$

Результаты расчета цикла ТНУ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики проектируемой теплонасосной установки на с-С₄F₈

Коэффициент преобразования	4,1
Температуры насыщения: температура испарения, °С	25
температура конденсации, °С	86
Расход фреона, кг/с	0,79
Потребляемая электрическая мощность (компрессора), кВт	22,16
Мощность испарителя, кВт	67,84
Мощность конденсатора, кВт	90,0

Солнечный нагреватель используется в пики температурных нагрузок, когда требуется максимальная интенсивность кондиционирования и охлаждения помещений. Для более эффективной работы установки и повышения КПД предлагается использовать вакуумные солнечные коллектора, которые обладают очень высокими показателями эффективности в заданном интервале температур. В отличие от плоских коллекторов, где теплоизоляция выполнена минераловатой, в вакуумных коллекторах в качестве изоляции используют разрежение-вакуум, что и позволяет использовать их даже зимой.

Общий холодильный коэффициент преобразования блока централизованного кондиционирования АХМ-ТНУ-СолКол определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{АХМ-ТНУ-СолКол}} = \frac{Q_1^{\text{АХМ}}}{N_{\text{ком}}^{\text{ТНУ}} + N_{\text{насосов}}^{\text{АХМ}}}. \quad (6)$$

На основании анализа и расчета предложенной схемы АХМ — ТНУ — СолКол можно сделать следующие выводы:

Таблица 3

**Технические характеристики блока централизованного кондиционирования
АХМ-ТНУ-СолКол (50% ТНУ и 50% СолКол обеспечения теплотой генератора)**

Холодильный коэффициент		6,16
Холодопроизводительность	кВт	150
Потребляемая электрическая мощность компрессора ТНУ	кВт	22,16
Потребляемая мощность на привод насосов АХМ	кВт	2,2
Контур охлажденной воды (кондиционирование)	Температура на входе, °С	12
	Температура на выходе, °С	7
	Расход хладоносителя, м ³ /ч	25,8
Контур горячей воды (теплоснабжение генератора)	Температура на входе в АХМ, °С	105
	Температура на выходе из АХМ, °С	75
	Температура на входе в ТНУ, °С	75
	Температура на выходе из ТНУ, °С	90
	Температура на входе в СК, °С	90
	Температура на выходе из СК, °С	105
	Расход горячей воды, м ³ /ч	5,2
Тепловая мощность генератора	кВт	180,7
Контур охлаждающей воды (отвод теплоты абсорбера и конденсатора АХМ)	Температура на входе, °С	28
	Температура на выходе из испарителя ТНУ, °С	32,77
	Температура на выходе из конденсатора АХМ, °С	34
	Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	47,3
Холодопроизводительность градирни	кВт	262,6

Таблица 4

**Технические характеристики блока централизованного кондиционирования АХМ-ТНУ-СолКол
(75% ТНУ — 25% СолКол обеспечения теплотой генератора)**

Холодильный коэффициент		4,62
Холодопроизводительность	кВт	112,5
Потребляемая электрическая мощность компрессора ТНУ	кВт	22,16
Потребляемая мощность на привод насосов АХМ	кВт	2,2
Контур горячей воды (теплоснабжение генератора)	Температура на входе в АХМ, °С	97,5
	Температура на выходе из АХМ, °С	75
	Температура на входе в ТНУ, °С	75
	Температура на выходе из ТНУ, °С	90
	Температура на входе в СК, °С	90
	Температура на выходе из СК, °С	97,5
	Расход горячей воды, м ³ /ч	5,2
Тепловая мощность генератора	кВт	135,55
Контур охлаждающей воды (отвод теплоты абсорбера и конденсатора АХМ)	Температура на входе, °С	28
	Температура на выходе из испарителя ТНУ, °С	32,34
	Температура на выходе из конденсатора АХМ, °С	34
	Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	35,21
Холодопроизводительность градирни	кВт	178,0

Таблица 5

**Технические характеристики блока централизованного кондиционирования АХМ-ТНУ
(100% ТНУ обеспечения теплотой генератора, СолКол отключен)**

Холодильный коэффициент		3,1
Холодопроизводительность	кВт	75
Потребляемая электрическая мощность компрессора ТНУ	кВт	22,16
Потребляемая мощность на привод насосов АХМ	кВт	2,2
Контур горячей воды (теплоснабжение генератора)	Температура на входе в АХМ, °С	90
	Температура на выходе из АХМ, °С	75
	Температура на входе в ТНУ, °С	75
	Температура на выходе из ТНУ, °С	90
	Расход горячей воды, м ³ /ч	5,2
Тепловая мощность генератора	кВт	90,36
Контур охлаждающей воды (отвод теплоты абсорбера и конденсатора АХМ)	Температура на входе, °С	28
	Температура на выходе из испарителя ТНУ, °С	31,51
	Температура на выходе из конденсатора АХМ, °С	34
	Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	23,37
Холодопроизводительность градирни	кВт	95,32

1. Разработанная схема обеспечивает повышение холодильного коэффициента с исходного паспортного значения 0,83 до величины 3,1 всего комплекса кондиционирования в режиме полного обеспечения теплоснабжения генератора с помощью ТНУ (табл. 5). При этом режиме холодопроизводительность АХМ снижается от 150 кВт до величины 75 кВт, а нагрузка на градирню снижается на 41,6% за счет преобразования части низкопотенциальной энергии с помощью ТНУ в энергию необходимого температурного уровня для генератора АХМ.

2. При режиме работы АХМ в периоды наибольшей нагрузки кондиционирования (естественно и максимальной солнечной инсоляции, вклад солнечных коллекторов и ТНУ в теплоснабжение генератора в проектируемом соотношении 50% на 50%, характеристики в табл. 3) основные балансовые показатели следующие: холодопроизводительность АХМ максимальна — 150 кВт; холодильный коэффициент — 6,16; мощность теплоснабжения генератора АХМ — 180,7 кВт; холодопроизводительность градирни — 262,6 кВт (нагрузка на градирню снижается на 20%). Т.е. достигается максимальная энергетическая эффективность всего комплекса при максимальной нагрузке кондиционирования!

3. При некотором снижении максимальной нагрузки кондиционирования от 150 кВт до величины 112,5 кВт (табл. 4, АХМ-ТНУ-СолКол (75% ТНУ — 25% СолКол обеспечения теплотой генератора) балансовые показатели следующие: холодильный коэффициент — 4,62; мощность теплоснабжения генератора АХМ — 135,55 кВт; холодопроизводительность градирни — 178,0 кВт (нагрузка на градирню снижается на 27%).

4. Включение ТНУ в состав АХМ обеспечивает не только повышение энергетической эффективности всего комплекса централизованного кондиционирования, но и дает ряд технологических и экологических преимуществ по сравнению с такими источниками тепловой энергии как: котлы, работающие на первичном топливе;

котлы-утилизаторы уходящих газов (или выхлопных); теплообменники на линиях теплофикационного снабжения или электронагреватели — таких как пожаро- взрывобезопасность в жилых и административных зданиях, независимость от месторасположения источников теплоты, отсутствие необходимости прокладки дополнительных линий газопроводов или горячей воды (пара) и др.. Гибкость регулирования и обеспечения необходимой холодопроизводительности комплекса кондиционирования при изменяющейся интенсивности солнечного подогрева реализуется за счет перераспределения нагрузки ТНУ и солнечного коллектора. При этом в полной мере используется такое свойство АХМ как возможность работы в существенном диапазоне изменения собственной холодопроизводительности.

5. По сравнению с наиболее распространенными системами компрессионного кондиционирования, АХМ, в составе с ТНУ и солнечными коллекторами, имеет следующие неоспоримые преимущества: более высокий холодильный коэффициент, более высокую надежность (компрессор, наиболее дорогой узел в системе, при повышенных температурах окружающей среды работает с перегрузкой и часто выходит из строя). В периоды максимальной нагрузки кондиционирования вклад солнечных коллекторов увеличивается и позволяет еще более повысить общую энергетическую эффективность комплекса. Применение ТНУ как базовой основы теплоснабжения генератора АХМ обеспечивает существенное повышение холодильного коэффициента всего комплекса и снижение холодопроизводительности градирни, а значит уменьшения затрат на основное оборудование.

6. Если техническое решение о применении для теплоснабжения генератора АХМ с помощью солнечных коллекторов известно [3, 4], то предложение авторов статьи по включению ТНУ в состав АХМ является новаторским и защищено подачей заявки на изобретение № 2016130356.

Литература

1. Ложкин А. Н. Комбинированная теплохладоэнергетическая установка. Авторское свидетельство СССР № 974067, кл. F 25 B 29/00, 1982.
2. Иванов В. М., Тихонов Б. С., Усенко И. Ф. Система холодо-снабжения. Авторское свидетельство СССР № 187278, кл. 36e, 7/01, 1966.
3. Сою, Физико, Хандурдыев, Какабаев, Иатя. Абсорбционная гелиохолодильная установка. Авторское свидетельство СССР № 334451, кл. F 25 B 15/02, 1972.
4. Хандурдыев, Курбанов, Дайханов. Абсорбционная гелиохолодильная установка. Авторское свидетельство СССР № 890037, кл. F 25 B 15/06, 1981.
5. Агабабов В. С., Сухих А. А., Кузнецов К. И., Рогова А. А., Коршикова А. А. Экспериментальные исследования режимов работы теплонасосной установки при совместной выработке теплоты и холода // Новое в российской электроэнергетике. 2012. № 9. С. 26–38.
6. Антаненкова И. С., Сухих А. А. Методика сравнения термодинамической эффективности циклов холодильных и тепло-

References

1. Lozhkin A. N. The combined teplokhladoenergeticheskoy installation. Author's certificate USSR №974067, cl. F 25 B 29/00. 1982. (in Russian)
2. Ivanov V. M., Tikhonov B. S., Usenko I. F. System of cold supply. Author's certificate USSR №187278, cl. 36e, 7/01. 1966. (in Russian)
3. Soy, Fiziko, Handurdyev, Kakabayev, Iatya. The absorption heliorefriigerator set. Author's certificate USSR №334451, cl. F 25 B 15/02. 1972. (in Russian)
4. Handurdyev, Kurbanov, Daykhanov. The absorption heliorefriigerator set. Author's certificate USSR №890037, cl. F 25 B 15/06. 1981. (in Russian)
5. Agababov V. S., Sukhikh A. A., Kuznetsov K. I., Rogova A. A., Korshikova A. A. Experimental study of operating modes of the heat pump system at the joint development of heat and cold. *New in the Russian power sector*. 2012. No 9. P. 26–38. (in Russian)
6. Antanenkov I. S., Sukhikh A. A. Methodology comparison of the thermodynamic efficiency of the refrigeration cycle and heat

- насосных установок // Вестник Международной академии холода. 2012. № 4. С. 21–25.
7. Антаненкова И. С., Сухих А. А. Термодинамическая эффективность теплонасосных установок // Вестник Международной академии холода. 2013. № 1. С. 21–26.
 8. Антаненкова И. С., Сухих А. А., Сычев В. В. Экспериментальное исследование энергетической эффективности теплонасосных установок на новых рабочих веществах // Холодильная техника. 2014. № 10. С. 44–48. № 11. С. 34–39.
 9. REFPROP 9.0: Reference Fluid Thermodynamic and Transport properties: Copyright 2007 by the U. S. Secretary of Commerce on behalf of the USA.
7. Antanenkova IS, Sukhikh A. A. The thermodynamic efficiency of heat pump systems. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2012. No 4. P. 21–25. (in Russian)
 8. Antanenkova IS, Sukhikh A. A., Sychev V. V. Experimental study of the energy efficiency of heat pump installations on new working substances. *Kholodil'naya tekhnika*. 2014. No 10. P. 44–48. No 11. P. 34–39. (in Russian)
 9. REFPROP 9.0: Reference Fluid Thermodynamic and Transport properties: Copyright 2007 by the U. S. Secretary of Commerce on behalf of the USA.

Сведения об авторах

Мереуца Е. В.

кафедра теоретических основ теплотехники Московского Энергетического Института, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, spartakmereuca@mail.ru

Сухих Андрей Анатольевич

д. т. н., профессор, зав. кафедрой теоретических основ теплотехники Московского Энергетического Института, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, sukhikhAA@mpei.ru

Information about authors

Mereutsa E. V.

department of theoretical bases heating engineers of the National Research University «MPEI», 111250, Moscow, Krasnokazarmennaya 14, Russia, spartakmereuca@mail.ru

Sukhikh Andrey Anatolyevich

D. Sc, professor, head of the department of theoretical bases heating engineers of the National Research University «MPEI», 111250, Moscow, Krasnokazarmennaya 14, Russia, sukhikhAA@mpei.ru

25-я юбилейная
международная выставка
продуктов питания, напитков
и сырья для их производства

ПРОВЕРЕННЫЕ РЕЦЕПТЫ
ДЛЯ УСПЕШНОГО БИЗНЕСА



5–9
февраля
2018



**ПРОД
ЭКСПО**

ТЕМАТИКИ ВЫСТАВКИ:

- ✓ Мясо и мясопродукты. Колбасные изделия. Птица, яйцо.
- ✓ Молочная продукция. Сыры.
- ✓ Салон мороженого.
- ✓ Бакалея. Зернопродукты.
- ✓ Макароны изделия. Приправы, специи.
- ✓ Растительные жиры.
- ✓ Соки, воды. Безалкогольные напитки.
- ✓ Замороженные продукты. Полуфабрикаты. Готовые блюда.
- ✓ Кондитерская продукция. Снэки.
- ✓ Орехи, сухофрукты.
- ✓ Хлебопекарная продукция.
- ✓ Чай. Кофе.
- ✓ Рыба и морепродукты.
- ✓ Консервы. Соусы, кетчупы.
- ✓ Гастрономия. Продукты для ресторанов, деликатесы. Торговые дома.
- ✓ Оптово-распределительные центры.
- ✓ Спиртные напитки. Вино.
- ✓ Укупорка. Дизайн. Производство напитков.
- ✓ Упаковочные решения «ПРОДЭКСПОПАК».
- ✓ Салон оборудования и услуг.
- ✓ Экспозиции регионов России.
- ✓ Иностранные национальные экспозиции.
- ✓ Экобиосалон.
- ✓ Здоровое питание. Фермерские продукты.
- ✓ Детское питание.
- ✓ Овощи, фрукты, грибы.
- ✓ Мед и продукты пчеловодства.



www.prod-expo.ru

МОСКВА

Контакты:

ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»,
Дирекция выставок пищевой промышленности
123100, г. Москва, Краснопресненская наб., 14

Тел.: (499) 795–37–99
E-mail: centr@expocentr.ru

Руководитель проекта:
Пискарева Татьяна Назаровна