

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"
ТОВ «ЕВЕРІ»

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

МАТЕРІАЛИ

X міжнародної науково-технічної конференції

Том 1.

26 – 28 вересня 2019 р.

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9 м. Миколаїв*

Миколаїв, НУК, 2019

УДК 001.895:629.5
И66

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"
ТОВ «ЕВЕРІ»

**Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.
Претензії до організаторів не приймаються.**

Відповідальний за випуск:
Блінцов Володимир Степанович

И66 **Інновації** в судобудуванні та океанотехніці : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції. у 2 томах. Т. 1 — Миколаїв : НУК, 2019. — 628 с.

ISBN 978-966-321-368-2

У збірнику наведені матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в судобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 001.895:629.5

ISBN 978-966-321-368-2

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2019

УДК 697.933: 621.5.046.1

СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

**Дорошенко А.В., доктор технических наук, профессор¹,
Халак В.Ф., аспирант²**

Одесская национальная академия пищевых технологий;
Украина, Одесса;

¹ E-mail: khalak@cloud.onaft.edu.ua,

² E-mail: dor_av43@i.ua

Аннотация. Выполнен анализ альтернативных систем кондиционирования воздуха, основанных на использовании теплоиспользующего абсорбционного цикла открытого типа и солнечной энергии для регенерации раствора абсорбента. Для повышения энергетической эффективности систем предлагается использовать охлаждаемые абсорберы-осушители воздуха.

Ключевые слова: солнечные системы, осушение воздуха, испарительное охлаждение, абсорбция, эффективность процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловой комфорт, энергоэффективность и качество воздуха в помещении являются основными факторами при проектировании систем кондиционирования воздуха. Комфортные параметры воздуха в помещении очень различаются в зависимости от активности человека.

Как правило, для обеспечения комфортных параметров воздуха система кондиционирования воздуха должна поддерживать температуру в помещении в пределах от 15–27 °С с относительной влажностью 25–70 %. Поглощение влаги является одним из наиболее важных процессов в системах кондиционирования воздуха на основе абсорбентов. Примерами таких систем могут служить контроль влажности в текстильной промышленности, покраска различных поверхностей, предварительная обработка свежих пищевых продуктов.

Преимуществами абсорбционных систем кондиционирования воздуха является лучший контроль влажности, более эффективное снятие скрытой нагрузки и снижение пиковых электрических нагрузок. В регионах где есть проблемы с пиковыми нагрузками кондиционирования, эти технологии могут помочь повысить энергоэффективность. Технология на основе жидкого осушения позволяет в полной мере использовать низкопотенциальные источники тепла, в том числе промышленное отработанное тепло, солнечную и геотермальную энергию для того чтобы осушить влажный воздух.

Жидкие осушители воздуха классифицируются как адиабатические и с внутренним охлаждением. В адиабатических осушителях воздух непосредственно контактирует с абсорбентом, в то время как в осушителях с внутренним охлаждением охлаждающая среда не контактирует с потоками воздуха и абсорбента, раствор абсорбента охлаждается через разделительную стенку и его осушительная способность увеличивается [1].

Исследования работы солнечных систем кондиционирования воздуха (ССКВ) на основе абсорберов-осушителей проводились Katejanekarn и др. al. [4] проводились в условиях климата Таиланда, что дало определённые преимущества из-за горячего и влажного тропического климата. Согласно экспериментальным результатам, разработанная система ССКВ способна снизить температуру на 1,2 °С и относительную влажность на 11,1%.

Система кондиционирования воздуха с жидкостным осушителем на солнечной энергии для производства тепличных пищевых продуктов в условиях жаркого климата была предложена в [6]. Результаты эксперимента показали, что система способна снизить среднесуточные максимальные температуры в жаркое время года на 5,5–7,5 °С

Kim и др. [5] исследовали ежегодные эксплуатационные энергетические показатели осушительной и испарительно-охладительной систем и сравнили образцы экономии энергии с обычной системой переменного объёма воздуха. Результаты показали, что предлагаемая система может обеспечить до 82% экономии энергии по сравнению с обычной системой летом и 54% и 37% во время зимнего и промежуточного сезона соответственно. По сути, предлагаемая система обеспечивала ежегодную экономию энергии в размере 68% и 23% по сравнению с обычной и установленной системой испарительного охлаждения.

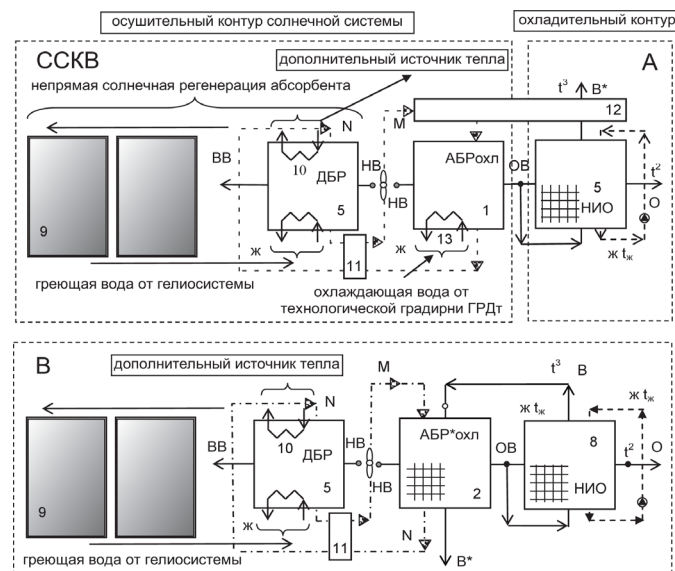
Поскольку при поглощении раствором абсорбента водяных паров из воздушного потока в абсорбенте выделяется тепло, что снижает эффективность процесса абсорбции, автором разработан новый вариант

абсорбера с внутренним испарительным охлаждением, реализуемый в чередующихся осушительных и охладительных каналах абсорбера на основе наружного, либо уже осушенного воздуха.

Цель исследования – разработать схемы и конструкции абсорберов-осушителей для солнечных систем кондиционирования воздуха.

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕПЛОМАССОБМЕННОЙ АППАРАТУРЫ

Основные варианты разработанных авторами солнечных multifunctional абсорбционных систем (МСС) ССКВ приведены на рис. 1. Поддержание непрерывности осушительно-испарительного цикла обеспечивается в абсорбционных системах солнечной регенерацией абсорбента в десорбере-регенераторе (ДБР).



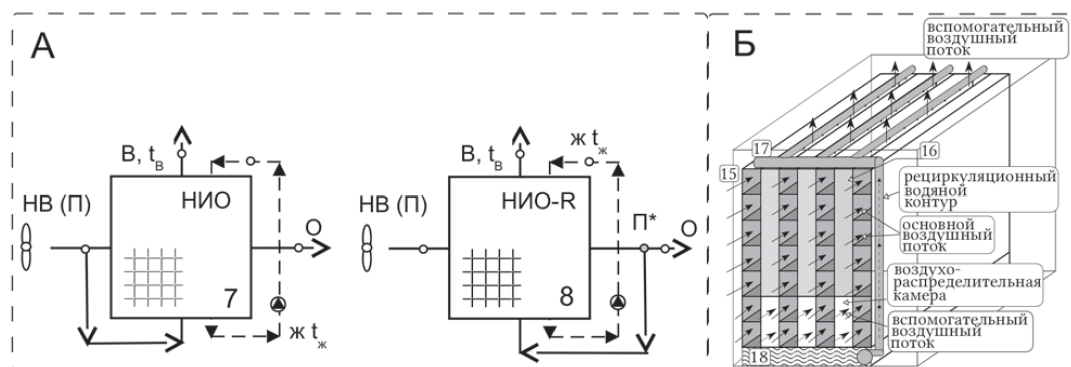
А и В – ССКВ с охлаждаемым абсорбером от ГРДт, и выбрасываемым вспомогательным воздушным потоком от НИОг, соответственно. 1-4 – АБР – абсорбер-осушитель наружного воздуха; 2 – АБРохл – охлаждаемый от НИОг абсорбер; 5 – десорбер-регенератор ДБР; 6 и 13 – градирня продуктовая ГРДпр и технологическая ГРДт; 7, 8 – воздухоохладители непрямого типа НИОг и НИО-R; 9 – солнечная система регенерации абсорбента ССРГ; 10 – дополнительный греющий источник ССРГ; 11 и 12 – теплообменники; N – слабый раствор абсорбента; M – крепкий растворы абсорбента.

Рис. 1. Основные варианты солнечных абсорбционных систем кондиционирования воздуха ССКВ.

Холодные вспомогательные воздушные потоки, покидающие воздухоохладители непрямого испарительный охладитель (НИО) (7) [3; 9-11] или НИО-R (8) [2; 7; 12] в ССКВ могут использоваться для решения различных задач охлаждения в схеме (рис. 2). Примерами могут служить схемы с охлаждением абсорбера (рис. 1Б, 4В) либо охлаждением крепкого раствора абсорбента, поступающего в абсорбер. Бак-теплоаккумулятор (БТА), либо непосредственно десорбер (ДБР) могут включать дополнительный встроенный теплообменник для компенсации колебаний солнечной активности и ветронагрузки в месте установки МСС.

МСС на основе абсорбера с внутренним испарительным охлаждением АБРИо

Были разработаны два варианта абсорберов-осушителей с внутренним испарительным охлаждением (АБРИо). На рис. 3А-В приведены схемные решения АБРИо. Они различаются местом разделения полного воздушного потока в канале на основной и вспомогательный. В канале основного потока происходит осушение потока, а во втором испарение водяной плёнки во «вспомогательный» воздушный поток, охлаждая и отводя тепло через разделительную стенку от «осушительных» каналов (рис. 2Б).



Обозначения по рис. 1, доп. (В – НИО): 15 – «сухой» канал; 16 – «мокрый» канал; 17 – водораспределитель; 18 – водосборник.

А – принципиальные схемы воздухоохладителей непрямого типа (НИО и НИО-R); Б – принципиальная компоновка НИО (IEaC) и НИО-R (RIEaC).

Рис. 2. Испарительные воздухоохладители непрямого типа для солнечных систем.

На рис. 4В приведены разработанные варианты ССКВ и СХС на основе АБРио. Абсорбер АБРио позволяет устранить из схемы МСС технологическую градирню ГРДт (13), уменьшить массу и габариты ТМА и снизить общий уровень энергозатрат. В регенеративном варианте АБРио-R (рис. 4Б) в «охлаждающие» каналы поступает воздушный поток, уже прошедший осушение, со сниженным пределом испарительного охлаждения. Для этого варианта пределом испарительного охлаждения является температура точки росы наружного воздуха $t_{p.1}$.

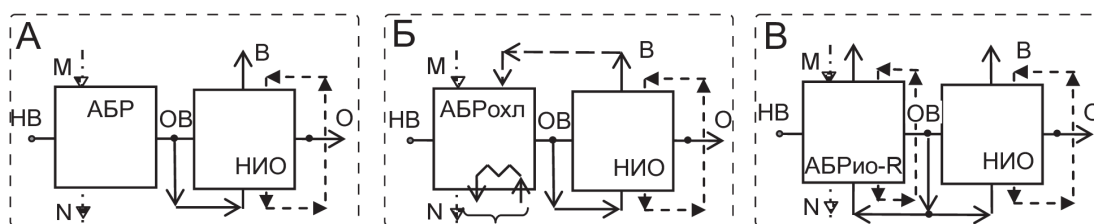
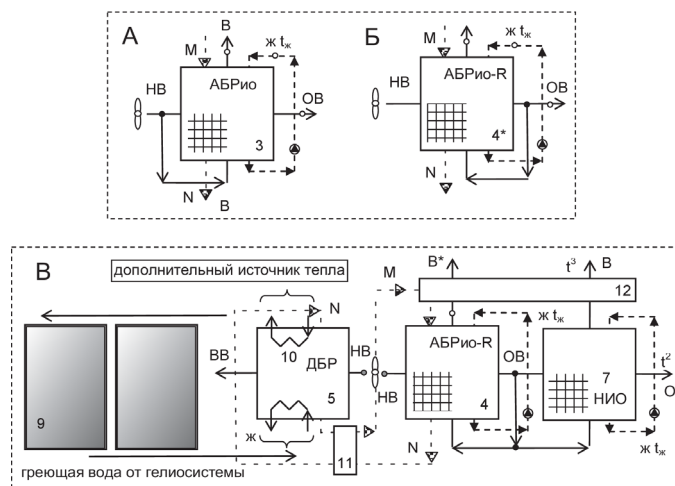


Рис. 3. Принципиальные схемы узлов АБР-ГРД для ССКВ



А – АБРио с использованием наружного воздуха для испарительного охлаждения абсорбера; Б – АБРио-R с использованием части осушенного воздуха для испарительного охлаждения абсорбера; В – принципиальная схема ССКВ на основе АБРио-R. Обозначения по рис. 1.

Рис. 4. Абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, основные варианты решений.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ НЕПРЯМОГО ТИПА

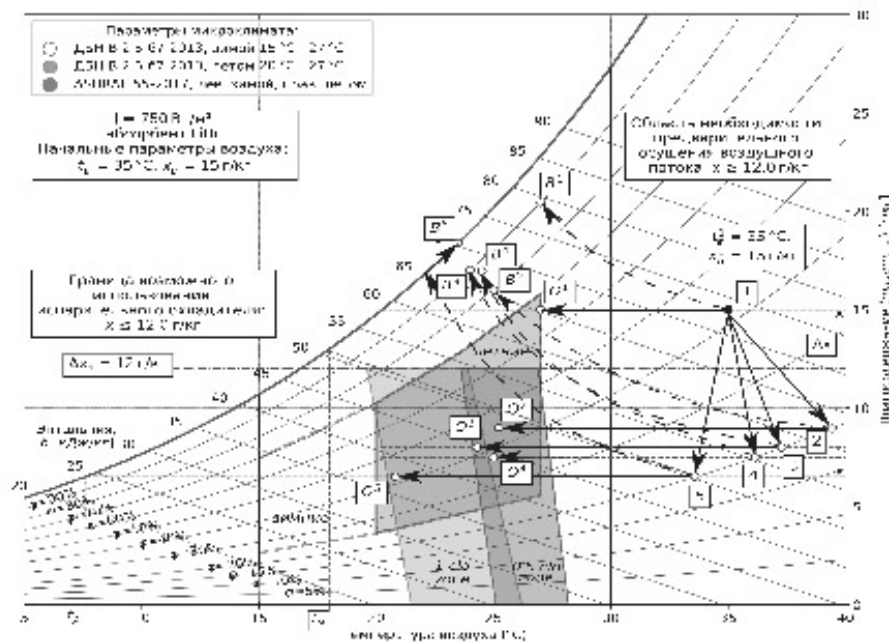
Из используемых в качестве абсорбентов веществ с точки зрения теплофизических свойств наиболее перспективными являются водные растворы на основе бромистого лития LiBr с добавками, снижающими коррозионную активность и увеличивающими растворимость (LiNO_3 , ZnCl_2 , CaBr_2 и др.); раствор LiBr является наиболее предпочтительным с точки зрения тепло- и массообменных характеристик, а также надёжности эксплуатации (высокая растворимость и относительно низкая коррозионная активность), однако, при больших концентрациях, имеет высокую температуру регенерации; ориентировочный рабочий интервал концентраций для LiBr составляет 70-75%. На рис. 5 в поле H-T диаграммы влажного воздуха показано протекание процессов в основных элементах сравниваемых солнечных систем кондиционирования воздуха ССКВ, оформленных по различным формулам. В данной работе криволинейность линии изменения состояния вспомогательного воздушного потока проанализирована с учётом выхода на участок «реконденсации».

Использование коэффициентов обмена зачастую не может быть признано удовлетворительным из-за наличия трудностей, связанных с определением действительной поверхности теплообмена в аппаратах плёночного типа с высокой плотностью насадочного слоя [14]. С этим связана и проблема масштабирования, основанная на теории подобия. Это привело к развитию эмпирических методов, основанных на использовании коэффициентов эффективности процесса. Они позволяют провести анализ и представить опытные данные в виде простом и удобной для проектирования испарительных охладителей. В качестве естественного предела охлаждения сред в градирне принято рассматривать температуру воздуха по мокрому термометру на входе в аппарат.

Сравнительный анализ ССКВ выполнен для начальных параметров наружного воздуха: $t_{\text{в}}^1 = 35^\circ\text{C}$, $t_{\text{в}}^2 = 24^\circ\text{C}$, $t_{\text{в}}^3 = 20^\circ\text{C}$, $x_{\text{в}}^1 = 15 \text{ г/кг}$, то есть, заведомо, для достаточно «тяжёлых» внешних условий для использования испарительных охладителей сред. Начальное влагосодержание наружного воздуха выбрано значительно выше критической величины $x^* \approx 12 \text{ г/кг}$ [15], что требует обязательного предварительного осушения воздуха перед испарительным охлаждением. Анализ выполнен на основе ранее полученных авторами экспериментальных данных по эффективности процессов в ТМА осушительного и охладительного контуров [14] на насадке из многоканальных многослойных поликарбонатных плит с параметрами слоя: $d_{\text{л}} = 15 \text{ мм}$.

Использование полимерных многоканальных насадочных структур в случае ИО непрямого типа (НИО, АБРИО) не приводит к сколь либо существенному снижению эффективности процесса [8; 13], поскольку термическое сопротивление разделяющей каналы стенки соизмеримо с термическим сопротивлением жидкостных плёнок, стекающих по внутренним поверхностям каналов. Для НИО была принята в расчётах величина эффективности процесса охлаждения по основному и вспомогательному потокам, равная $E_o = E_{\text{в}} = (t_1 - t_2)/(t_1 - t_{\text{ж}}) = 0,65$, при эффективности теплообменников $E_{\text{т/о}} = 0,8$. Температура воды, рециркулирующей через «мокрую» часть НИО, принята $t_{\text{ж}} = t_{\text{в}}^1 + 1,5-2,5^\circ\text{C}$. На самом деле эффективность охлаждения вспомогательного воздушного потока несколько выше, чем основного, величина $E_{\text{в}}$ несколько выше чем E_o , а реальное значение величины $t_{\text{ж}}^*$ зависит от соотношения расхода воздушных потоков в «сухой» и «мокрой» частях НИО, так что результаты выполненного анализа носят предварительный характер и несколько занижены.

Линия изменения состояния вспомогательного воздушного потока в НИО криволинейна и до выхода из насадки ТМА может выходить на кривую $\phi=100\%$, с определённого момента следуя непосредственно по ней (линия 5-B⁵). Построение этих кривых выполнено по методике, разработанной на основе метода «энтальпийного потенциала». Следует отметить опасность снижения эффективности процесса в этой области, что требует особого анализа. При этом на основе выполненных авторами экспериментальных исследований, рекомендован диапазон значений $I = G_o / G_{\text{в}} = 0,8 - 1,2$.



1-2(5) – процесс осушения воздуха в абсорбере; «О» и «В» – охлаждение основного и вспомогательного воздушных потоков в НИО.

Рис. 5. Протекание процессов в основных аппаратах разработанных ССКВ (формула АБР-НИО) с учётом реальной кривизны линии изменения состояния вспомогательного воздушного потока и участка «реконденсации».

Получены сравнительные результаты для пяти сравниваемых вариантов ССКВ:

1. НИО (без предварительного осушения наружного воздуха):

«О»: $t = 27,5^{\circ}\text{C}$; $x = 15 \text{ г/кг}$;

«В»: $t = 27^{\circ}\text{C}$, $\phi = 90\%$;

2. АБР – НИО (рис. 4А):

$\Delta x = 6 \text{ г/кг}$; «О»: $t = 25,2^{\circ}\text{C}$; $x = 9 \text{ г/кг}$;

«В»: $t = 25^{\circ}\text{C}$, $\phi = 80\%$;

3. АБРохл – НИО (рис. 4Б, охлаждение АБР от технологической градирни ГРДт):

$\Delta x = 7 \text{ г/кг}$; «О»: $t = 24,3^{\circ}\text{C}$; $x = 8 \text{ г/кг}$;

«В»: $t = 24^{\circ}\text{C}$, $\phi = 90\%$;

4. АБРохл – НИО (рис. 4Б, охлаждение АБР вспомогат. воздушным потоком от НИО):

$\Delta x = 7,5 \text{ г/кг}$; «О»: $t = 25^{\circ}\text{C}$; $x = 7,5 \text{ г/кг}$;

«В»: $t = 24,5^{\circ}\text{C}$, $\phi = 87\%$;

5. АБРио-Р – НИО (рис. 4В):

$\Delta x = 8,5 \text{ г/кг}$; «О»: $t = 20,8^{\circ}\text{C}$; $x = 6,5 \text{ г/кг}$; «В»: $t = 23,5^{\circ}\text{C}$, $\phi = 100\%$; (возможна реконденсация)

СКВ может быть построена только на использовании НИО на наружном воздухе (рис. 5, позиция 1).

«Вспомогательный» воздушный поток «В», выносящий из аппарата все отводимое от обоих воздушных потоков тепло, преимущественно в связанном виде, тоже охлаждён, но его влагосодержание (процесс 1-В¹) близко к полному насыщению ($\phi = 100\%$).

ВЫВОДЫ

1. Оптимальным для устойчивой работы многофункциональных солнечных систем является рациональное сочетание альтернативного и традиционного источников энергии, при этом доля солнечной составляющей для таких систем при их круглогодичной эксплуатации составляет для южной части Европы до 80%.

2. Основным элементом солнечных multifunctional систем является комплекс взаимосвязанных теплообменников в виде автономного блока [(ДБР ↔ АБР) – НИО] для создания ССКВ
3. Использование абсорбера с внутренним испарительным охлаждением АБРио для охлаждения низкотемпературного абсорбера обеспечивает глубокое охлаждение и повышает эффективность процесса осушения воздушного потока в низкотемпературном абсорбере.

Список литературы

1. [1]. Yin, Y., Zhang, X., Wang, G., & Luo, L. (2008). Experimental study on a new internally cooled/heated dehumidifier/regenerator of liquid desiccant systems. *International Journal of Refrigeration*, 31(5), 857–866. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2007.10.004>
2. [2]. Hasan, A. (2012). Going below the wet-bulb temperature by indirect evaporative cooling: Analysis using a modified ε -NTU method. *Applied Energy*, 89(1), 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.005>
3. [3]. Kabeel, A. E., & Abdelgaied, M. (2016). Numerical and experimental investigation of a novel configuration of indirect evaporative cooler with internal baffles. *Energy Conversion and Management*, 126, 526–536. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.08.028>
4. [4]. Katejanekarn, T., Chirarattananon, S., & Kumar, S. (2009). An experimental study of a solar-regenerated liquid desiccant ventilation pre-conditioning system. *Solar Energy*, 83(6), 920–933. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.12.006>
5. [5]. Kim, M.-H., Park, J.-Y., Sung, M.-K., Choi, A.-S., & Jeong, J.-W. (2014). Annual operating energy savings of liquid desiccant and evaporative-cooling-assisted 100% outdoor air system. *Energy and Buildings*, 76, 538–550. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.006>
6. [6]. Lychnos, G., & Davies, P. A. (2012). Modelling and experimental verification of a solar-powered liquid desiccant cooling system for greenhouse food production in hot climates. *Energy*, 40(1), 116–130. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.02.021>
7. [7]. Mahmood, M. H., Sultan, M., Miyazaki, T., Koyama, S., & Maisotsenko, V. S. (2016). Overview of the Maisotsenko cycle – A way towards dew point evaporative cooling. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 537–555. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.022>
8. [8]. McNab, J. L., & McGregor, P. (2003). Dual indirect cycle air conditioner uses heat concentrated desiccant and energy recovery in a polymer plate heat exchanger. In *21st IIR International Congress of Refrigeration: Serving the Needs of Mankind*. (Vol. ICR0646, pp. 101–109). Washington DC, United States: IIF-IIR.
9. [9]. Stoitchkov, N. J., & Dimitrov, G. I. (1998). Effectiveness of crossflow plate heat exchanger for indirect evaporative cooling. *International Journal of Refrigeration*, 21(6), 463–471. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(98\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(98)00004-8)
10. [10]. Velasco Gómez, E., Rey Martínez, F. J., Varela Díez, F., Molina Leyva, M. J., & Herrero Martín, R. (2005). Description and experimental results of a semi-indirect ceramic evaporative cooler. *International Journal of Refrigeration*, 28(5), 654–662. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.01.004>
11. [11]. Velasco Gómez, Eloy, Tejero González, A., & Rey Martínez, F. J. (2012). Experimental characterisation of an indirect evaporative cooling prototype in two operating modes. *Applied Energy*, 97, 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.065>
12. [12]. Xie, X., & Jiang, Y. (2015). Comparison of Two Kinds of Indirect Evaporative Cooling System: To Produce Cold Water and To Produce Cooling Air. *Procedia Engineering*, 121, 881–890. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.044>
13. [13]. Zhao, X., Liu, S., & Riffat, S. B. (2008). Comparative study of heat and mass exchanging materials for indirect evaporative cooling systems. *Building and Environment*, 43(11), 1902–1911. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.11.009>
14. [14]. Дорошенко, А. В., & Глауберман, М. А. (2012). Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография. Одесса: ОНУ, 457. [15]. 'Handbook 2006: Refrigeration. Chapter 9 - Thermal properties of foods. (10 of 52), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - Publication Index

Doroshenko A.V., Khalak V.F

Solar-radiation-based multifunctional absorption systems of refrigeration and air conditioning

Text of the annotation. The present work aims at improving scheme solutions for alternative refrigeration and air conditioning systems based on the use of an open-type, heat-entrapping absorption cycle and solar energy for regenerating an absorbent solution. To improve the energy efficiency of the systems, it is proposed to use cooled air-dryers.

Keywords solar systems, air dehumidification, evaporative cooling, absorption, process efficiency.

Дорошенко О.В., Халак В.Ф.

Сонячні багатофункціональні абсорбційні системи тепло-холодопостачання та кондиціонування повітря.

Текст анотації. Виконаний аналіз альтернативних систем кондиціонування повітря, заснованих на використанні тепловикористовуючого абсорбційного циклу відкритого типу та сонячної енергії для регенерації розчину абсорбенту. Для підвищення енергетичної ефективності систем пропонується використовувати охолоджувані абсорбери-осушувачі повітря.

Ключові слова: сонячні системи, осушення повітря, випарне охолодження, абсорбція, ефективність процесу.

УДК 533

НОВИЙ НАПРЯМОК ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОМАШИН

Яковлев Ю.А., кандидат технічних наук, доцент¹,

Яковлева О.Ю., кандидат технічних наук²

Одеська національна академія харчових технологій

Україна, Одеса

¹E-mail: uykovlev11@gmail.com

²E-mail: osarja@gmail.com

Анотація. Основним недоліком турбокомпресорних установок є низький ступінь стиснення, що досягається на одному щаблі компресора. Новим проривом в компресоробудуванні стало створення ударно-хвильових компресорів (УХК) з високим ступенем стиснення і більш низькими масогабаритними характеристиками, ніж у існуючих машин. Наведено параметри спроектованих і випробуваних конструкцій УХК.

Ключові слова: турбомашини; ударно-хвильовий компресор; компресоробудування; параметри турбомашини.

ВСТУП

Звичайні турбокомпресорні установки широко використовуються для стиснення газів і знаходять застосування в багатьох широко використовуваних технологіях від рефрижераторних вузлів до реактивних двигунів. Основним завданням компресора є перенесення і стиснення газу. Технології стиснення газу є загальноприйнятими і варіюються для різного роду механізмів, від відцентрових машин до діагональних гідравлічних машин і осьових гідравлічних машин.

Незважаючи на те, що звичайні турбокомпресорні установки надзвичайно ефективні, їх недолік полягає в тому, що ступінь стиснення, що досягається на одному щаблі компресора, є відносно низькою. При необхідності високої підсумкової ступеня стиснення можуть застосовуватися звичайні турбокомпресорні установки, що містять численні ступені стиснення. Однак звичайні компресорні установки з численними ступенями стиснення, як правило, бувають великогабаритними, складними і дорогими.

Ціль роботи - аналіз перспектив підвищення ефективності роботи турбомашин.

Секція № 5. ХОЛОД НА ТРАНСПОРТІ, В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Трушляков Є.І., Радченко М.І., Портной Б.С., Зубарев А.А., Кантор С.А. Рациональное тепловое навантаження системи кондиціювання повітря за темпом приросту річної холодопродуктивності	423
Титлов А.С., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А. Разработка систем охлаждения на базе возобновляемых источников тепловой энергии.....	426
Андреев А.А., Андреева Н.Б. Повышение эффективности мод охлаждения наддувочного воздуха теплоиспользующей установкой	433
Талибли Р.Е., Хмельнюк М.Г. Вплив холодильної промисловості на довкілля.	435
Безродний М.К., Притула Н.О., Опанасюк І. Ю. Теплонасосна система повітряного опалення та вентиляції з використанням відпрацьованого повітря.	441
Безродний М.К., Майстренко О.О. Термодинамічний аналіз теплонасосно-адсорбційної схеми консервування енергетичного обладнання.	444
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Зубарев А.А., Ткаченко В.С., Я. Зонмін, Фордуй С.Г. Визначення встановленої холодопродуктивності системи кондиціювання зовнішнього повітря за поточними тепловими навантаженнями.	447
Бушманов В.М., Козут В.О., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Моделирование процессов теплообмена в контактных аппаратах.....	452
Козут В.О., Бушманов В.М., Косой Б.В., Жихарева Н.В. Цикл обеспечивающий бесперебойную работу контактного теплообменника	453
Томчик О. М., Хмельнюк М. Г., Гоголь М. І. Засоби стабілізації температури продукту та зниження енергетичних витрат при роботі холодильного обладнання.....	455
Томчик О. М., Хмельнюк М. Г., Гоголь М. І. Охолодження ємності з акумулюючою здатністю для зберігання і транспортування продукту.	458
Дорошенко А.В., Гончаренко А.С., Демьяненко Ю.И. Низкотемпературные водоохладители испарительного типа. Разработка и анализ их принципиальных возможностей.....	461
Дорошенко А.В., Халак В.Ф. Солнечные многофункциональные абсорбционные системы тепло-хладоснабжения и кондиционирования воздуха.	465
Яковлев Ю.А., Яковлева О.Ю. Новий напрямок підвищення ефективності турбомашин.	471
Яковлева О.Ю., Остапенко О.В., Хмельнюк М.Г., Яковлев Ю.О. Энергоеффективные проекты та їх реалізація в промисловому секторі.....	473
Волчок В.О. Моделирование властивостей сумішей холодогентів на основі вільної енергії Гельмгольца.	477
Радченко А.М., Трушляков Є.І., Портной Б.С., Фордуй С.Г., Кантор С.А. Проектне навантаження градієнтів систем охолодження відповідно до поточних кліматичних умов.	480
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С. Регулирование холодопроизводительности систем кондиционирования приточного воздуха	483
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С., Кантор С.А. Удосконалення системи кондиціювання зовнішнього повітря комбінованого типу.	488
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Портной Б.С., Фордуй С.Г. Методи визначення теплового навантаження систем кондиціювання повітря з урахуванням поточних кліматичних умов.	493
Радченко Р.М., Зубарев А.А., Бойчук В.В., Остапенко О.В., Коновалов А.В., Фордуй С.Г., Цуцман В.В. Дослідження ефективності охолодження повітря тригенераційної газопоршневої установки.	498
Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С., Портной Б.С., Фордуй С.Г., Кантор С.А. Ступеневий принцип розподілу теплового навантаження в системі кондиціювання повітря.	504
Я. Зонмін, Радченко А.М., Портной Б.С. Порівняння ефективності охолодження повітря на вході ГТУ для різного клімату.	509
Я. Зонмін, Радченко М.І., Портной Б.С. Порівняння ефективності охолодження повітря на вході ГТУ за помірного та тропічного клімату.	513
Радченко А.М., Портной Б.С., Я. Зонмін Порівняння екологічної ефективності охолодження повітря на вході ГТУ в умовах помірного та субтропічного клімату.	517
Радченко А.М., Портной Б.С., Я. Зонмін Метод визначення раціональної холодопродуктивності системи охолодження повітря на вході ГТУ за поточним тепловим навантаженням.....	521