

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



**Х ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2020»**

**X ANNIVERSARY INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2020»**

Сборник докладов конференции
4-5 марта 2020г.
Proceedings of the Conference
March 4-5 , 2020

Нур-Султан, 2020

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392
К 14

Сборник подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика Кулажанова Т.К.

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Радченко Н.И., Грановский А.С., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К 14 Казахстан-Холод 2020: Сб. докл. межд. науч-техн. конф. (4-5 марта 2020г.) =
Kazakhstan-Refrigeration 2020: Proceeding sof the Conference (March 4-5, 2020). –
Алматы: АТУ, 2020. –249 с., русский, английский

ISBN 978-601-263-529-4

На конференции при участии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан обсуждалось стратегическое видение и поиск среднесрочных решений по применению экологически безопасных холодильных агентов и развитию «Зеленых» технологий переработки пищевых продуктов и холодильных технологий для Республики Казахстан.

В докладах из Казахстана, России, Украины, Германии, Бельгии, Дании, Японии, Южной Кореи, Италии представлены результаты научных исследований, посвященные экологически безопасным холодильным агентам, компрессорам, теплообменным аппаратам, компонентам, системам автоматизации, технологиям холодильного хранения и переработки пищевых продуктов. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной техники, пищевой и нефтегазовой промышленности, а также на специалистов систем кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения.

At the conference, the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan jointly discussed the strategic vision and search for medium-term solutions for the use of environmentally friendly refrigerants and the development of "Green" food processing and refrigeration technologies for the Republic of Kazakhstan.

The reports from Kazakhstan, Russia, Ukraine, Germany, Belgium, Denmark, Japan, South Korea, Italy present the results of scientific research on environmentally friendly refrigerants, compressors, heat exchangers, components, automation systems, technologies for refrigerated storage and processing of food products and practical implementation. The Proceedings are intended for specialists and scientists working in the areas of refrigeration, food and oil and gas industries, as well as for specialists in air conditioning and life support systems.

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-529-4

© АТУ, 2020

Заклучение

В качестве аппроксимирующих зависимостей были выбраны логарифмические уравнения. Все аппроксимирующие зависимости описывают экспериментальные с достаточно высокой точностью ($R^2 > 0,9$).

Таким образом, на экспериментальной холодильной установке замораживание мясopодуKтов при различных температурных режимах, что в свою очередь делает возможным выбрать оптимальные температурные и временные параметры для хранения различных продуктов с целью максимального сохранения качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология мяса и мясopодуKтов / Винникова. Л. Г., Винникова. Л. Г. и др.; под ред. Л. Г. Винникова. - Киев: Инкос, 2006.
2. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 240 с.
3. Бражников А.М. Теория термической обработки мясopодуKтов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 271 с.
4. Заявка № 2003/0402.1, Ермоленко М.В., Асамбаев А.Ж., Алдажуманов Ж.К. Холодильная установка для низкотемпературных испытаний. Приоритет от 25.03.2003.

УДК 536.248.2:532.529.5

SOLAR-RADIATION-BASED MULTIFUNCTIONAL ABSORPTION SYSTEMS OF REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING. DEVELOPMENTS AND ANALYSIS OF OPPORTUNITIES.

СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА. РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Doroshenko A.V. ^{1a} , Doct. Tech. Sc., professor Khalak V.F. ^{2b} Antonova A.R. ^{3c} , Cand. Tech. Sc.	Дорошенко А.В. ^{1a} , докт. тех. наук, профессор Халак В.Ф. ^{2b} Антонова А.Р. ^{2c} , канд. тех. наук.
1, 2, 3 – Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65043, Odessa, Kanatnaya, 112	1, 2, 3 – Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65043, Одесса, ул. Канатная, 112
E-mail: a – dor_av43@i.ua; b – khalakmail@gmail.com; c – allaantonova62@gmail.com	

Abstract

The present work is aiming at developing scheme solutions for alternative refrigeration and air conditioning systems based on the use of a heat-entrapping absorption cycle and solar energy for regenerating an absorbent solution, or in other words, for maintaining cycle continuity. Our renewed approach in the proposed designs is by creation of air absorbers-dehumidifiers cooled by using air flows leaving evaporative water- and air coolers, or, alternatively, by using a part of the cooled down water in absorption refrigeration systems to lower the temperature of an absorber, as well as creating absorbers with internal evaporative cooling.

The film-type heat-and-mass-exchange equipment, which forms a part of the drying and cooling circuits, is unified and made based of the monoblock multi-channel compositions from polymeric materials. A comparative analysis of the capabilities of the developed absorption systems was carried out on the basis of experimental data on the efficiency of heat-and-mass transfer processes in devices for drying and cooling circuits of solar systems.

The scientific novelty of the present work embraces a comparative analysis of the developed solutions of absorption systems, of those taking into account the inconvenience of “re-condensation” in the air flow reaching its full saturation even before leaving the nozzles of the evaporation cooler. Our designs of the proposed scheme solutions afford expansion of the area of practical applications of the evaporative cooling methods, for example, in ensuring the comfort parameters of the air in an air-conditioning system without resorting to the traditional vapor-compression technology, best demonstrated by paving the way to the absorption systems' main eco-energy characteristics improvement.

Аннотация

Цель исследования состоит в разработке схемных решений для альтернативных холодильных систем и систем кондиционирования воздуха, основанных на использовании абсорбционного цикла и солнечной энергии для регенерации раствора абсорбента, то есть для поддержания непрерывности цикла. Новым в предлагаемых разработках является создание охлаждаемых абсорберов-осушителей воздуха путём использования воздушных потоков, покидающих испарительные водо- и воздухоохладители, либо части охлаждённой воды в абсорбционных холодильных системах для охлаждения абсорбера, а также создания абсорберов с внутренним испарительным охлаждением. Теплообменная аппаратура плёночного типа, входящая в состав осушительного и охладительного контуров солнечных систем унифицирована и выполнена на основе моноблочных многоканальных композиций из полимерных материалов. Выполнен, на основании экспериментальных данных по эффективности процессов теплообмена в аппаратах осушительного и охладительного контуров, сравнительный анализ возможностей разработанных абсорбционных систем. Научная новизна исследования состоит в сравнительном анализе новых разработанных решений абсорбционных систем с учётом опасности «реконденсации» в воздушном потоке при его полном насыщении ещё до выхода из насадочного слоя испарительного охладителя. Разработанные решения позволяют расширить область практического использования методов испарительного охлаждения, например, обеспечить параметры комфортности воздуха в системе кондиционирования без привлечения традиционной парокомпрессионной техники, а также улучшить основные энергетические характеристики абсорбционных систем.

Введение. Солнечные multifunctional системы, основанные на теплоиспользующем абсорбционном цикле могут обеспечивать решение задач осушения воздуха, хладоснабжения и кондиционирования. В этих системах предварительное осушение воздуха обеспечивает высокую эффективность последующего испарительного охлаждения сред (солнечные холодильные системы СХС) и термовлажностной обработки воздуха (солнечные системы кондиционирования воздуха ССКВ) [1-2, 4-8]. Разработанные решения для охладителей охватывают нужды энергетики, химической и пищевой технологий и позволяют решать задачи охлаждения, не прибегая к традиционной парокомпрессионной технике. Это позволяет также существенно улучшить их энергетические показатели [1].

I. Разработка принципиальных схемных решений и теплообменной аппаратуры

Суть открытого абсорбционного цикла заключается в том, что наружный воздух предварительно осушается в условиях непрерывного цикла, так что при этом резко возрастают потенциалы последующего испарительного охлаждения с использованием осушенного в абсорбере (АБР) воздуха. После осушения он поступает в испарительный охладитель (ИО), где может быть обеспечено глубокое охлаждение среды в солнечных холодильных системах (СХС), либо в альтернативных системах кондиционирования воздуха комфортного и технологического назначения (ССКВ). Сравнительно с традиционными решениями, с применением парокомпрессионных охладителей сред, такие схемы обеспечивают значительное снижение энергопотребления и высокую экологическую чистоту [1, 4-20]. Основные варианты разработанных авторами солнечных multifunctional абсорбционных систем СХС и приведены на рис. 1-6. Поддержание непрерывности осушительно-испарительного цикла обеспечивается в абсорбционных системах солнечной регенерацией абсорбента в десорбере-регенераторе (ДБР).

Перспективность практического использования multifunctional солнечных систем (МСС) определяется их следующими достоинствами: – экологическая чистота; в работах [1-2, 4-8], на основании методологии «Полный жизненный цикл», были показаны высокие экологические преимущества МСС в сравнении с традиционными парокомпрессионными охладителями, сравнительно низкие энергозатраты (примерно в два раза ниже по сравнению с парокомпрессионными охладителями по данным зарубежных исследований [9-17] и в работах, выполненных в ОГАХ [1-2, 4-8]); – возможность комплексного решения ряда задач жизнеобеспечения: горячего водоснабжения, отопления, охлаждения и кондиционирования (в частности, осушения воздуха) для жилых и производственных объектов, используя единую солнечную систему. Однако этим системам присущи и серьёзные недостатки, сдерживающие практическое развитие этого направления: – большие габариты, обусловленные низкими движущими силами (температурными и концентрационными напорами), что свойственно вообще любому типу альтернативного источника энергии; это приводит к большому количеству теплообменных аппаратов, входящих в состав систем; – проблематичность использования только солнечной энергии для регенерации абсорбента

для достижения требуемых температур охлаждения сред в СХС и параметров комфортности жилых помещений в ССКВ.

К сожалению, в подавляющем числе опубликованных работ, вопросы взаимного согласования положительных и отрицательных сторон практического использования СХС и ССКВ не рассматриваются. Основными направлениями для МСС являются: разработка и сравнительная оценка различных схемных решений солнечных систем; создание нового поколения теплообменников аппаратуры ТМА для альтернативных систем, характеризующегося малым весом и стоимостью с преимущественным использованием полимерных материалов. Основная концепция создания МСС представлена на рис. 1-7 и включает следующие позиции: а) МСС состоят из осушительной части в составе абсорбер-осушитель – десорбер-регенератор АБР (1) – ДБР (5) и охлаждающей части, в составе испарительных охладителей жидкости прямого типа – водоохладитель-градирня ГРДпр (6) в СХС, или воздухоохладителя непрямого типа НИО (7), НИО-Р (8) в ССКВ; б) поддержание непрерывности цикла МСС обеспечивает альтернативный возобновляемый источник энергии, либо традиционный источник, при этом источником тепла для работы десорбера-регенератора является солнечная система с солнечными коллекторами СКж (рис. 1-4, позиция 9; оптимальным для устойчивой работы МСС является рациональное, с учётом величины солнечной активности, ветронагрузки и др. аспектов, сочетание альтернативного и традиционного источников энергии; в) в солнечной системе используются плоские солнечные коллекторы с полимерными теплоприемниками и другими элементами конструкции (прозрачное покрытие, корпусная часть СКж) [13]; г) охлаждение абсорбера-осушителя обеспечивает градирня технологического назначения ГРДт; поддержание требуемого температурного уровня десорбции водяных паров из раствора абсорбента (восстановление концентрации абсорбента) обеспечивает солнечная система ССГВ (9). Таким образом, основная формула сборки МСС представляет собой варианты: в режиме ССГВ: (ДБР ↔ АБР) – НИО: в режиме СХС: (ДБР ↔ АБР) – ГРД.

В испарительном воздухоохладителе непрямого типа НИО (рис. 2А, 2Б), получившем наибольшее распространение в последние годы [1-17], воздушный поток, поступающий на охлаждение делится на две части: вспомогательный поток воздуха «В» поступает в «мокрую» часть охладителя, где контактирует с водяной плёнкой, стекающей по поверхностям канала и обеспечивает испарительное охлаждение воды, которая, в свою очередь, охлаждает бесконтактно, через разделяющую стенку, основной воздушный поток «О». Этот основной поток воздуха охлаждается при неизменном влагосодержании, что обеспечивает преимущества при создании на основе НИО систем кондиционирования воздуха ССКВ. Температура воды в цикле сохраняет неизменное значение и зависит от соотношения основного и вспомогательного воздушных потоков в НИО ($1 = G_o / G_v$), являясь пределом охлаждения для обоих воздушных потоков. Испарительные воздухоохладители могут быть обычного (НИО) и регенеративного типов (НИО-Р) [1, 18-20], отличаясь местом разделения воздушного потока, поступающего в охладитель (рис. 2). Во втором случае обеспечивается более глубокое охлаждение воздуха, поскольку здесь процесс испарительного охлаждения воды в «мокрой» части аппарата ориентирован на температуру мокрого термометра воздуха, уже прошедшего охлаждение в «сухой» части охладителя и пределом охлаждения здесь является температура точки росы наружного воздуха. обстоятельному изучению возможностей охладителя регенеративного типа (НИО-Р) посвящены исследования Maisotsenko V. и др. [18-20]. Холодные вспомогательные воздушные потоки, покидающие воздухоохладители НИО (7) или НИО-Р (8) в ССКВ, или водоохладитель-градирню ГРДпр в СХС могут использоваться для решения различных задач охлаждения в схеме. Примерами могут служить схемы с охлаждением абсорбера (рис. 1Б, 5Б, 6Б) либо охлаждением крепкого раствора абсорбента, поступающего в абсорбер (теплообменник 12, – рис. 1А, 3Г, 4А-В).

Поскольку в абсорбере, при поглощении влаги из воздушного потока раствором абсорбента, выделяется тепло, это приводит к росту температуры и снижению эффективности процесса осушения воздуха. Работа абсорбера-осушителя может быть организована с внешним, либо со встроенным теплообменником, охлаждаемым дополнительной градирней технологического назначения ГРДт (13), что усложняет схему и увеличивает энергозатраты. Интерес представляет вариант абсорбера с внутренним испарительным охлаждением [1, 7, 25-27]. На рис. 3А и Б приведены два варианта таких абсорберов-осушителей с внутренним испарительным охлаждением (АБРио), отличающихся местом разделения полного воздушного потока на основной, осушаемый в каналах, по стенкам которых стекает пленка абсорбента, и вспомогательный, идущий в соседних, чередующихся каналах, где по стенкам стекает водяная пленка, испаряющаяся во «вспомогательный» воздушный поток, охлаждающаяся и отводящая тепло через разделительную стенку от «осушительных» каналов (рис.

3Б). На рис. 3Г и 4В приведены разработанные варианты ССКВ и СХС на основе АБРио. Абсорбер АБРио позволяет устранить из схемы МСС технологическую градирню ГРДт, уменьшить массу и габариты ТМА и снизить общий уровень энергозатрат.

Несомненный практический интерес представляют варианты использования холодных, но увлажнённых, выбросных воздушных потоков от НИО (НИО-Р) в ССКВ (рис. 1Б и 6Б) и от ГРД (рис. 6Б) для охлаждения абсорбера, а также вариант СХС с использованием части «продуктовой» воды от ГРДпр для охлаждения абсорбера (рис. 4Б и 6В).

II. Анализ возможностей солнечных абсорбционных систем МСС.

На основании выполненного в ОНАПТ анализа [1-2] был сделан вывод о том, что из используемых в качестве абсорбентов веществ с точки зрения теплофизических свойств наиболее перспективными являются водные растворы на основе бромистого лития; ориентировочный рабочий интервал концентраций для LiBr++ составляет 70-75%. На рис. 7 в поле Н-Т диаграммы влажного воздуха показано протекание процессов в основных элементах солнечных систем кондиционирования воздуха ССКВ, оформленных по различным формулам. Сравнительный анализ ССКВ выполнен для начальных параметров наружного воздуха: $t^1 = 35^\circ\text{C}$, $t^1_{\text{м}} = 24^\circ\text{C}$, $x^1_{\text{в}} = 15$ г/кг, то есть, заведомо, для достаточно «тяжёлых» внешних условий. Начальное влагосодержание наружного воздуха выбрано значительно выше критической величины $x^* \approx 12,5$ г/кг [1], что требует обязательного предварительного осушения воздуха. Анализ проводился с учётом действующего государственного стандарта Украины ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» [21], который имеет схожие параметры микроклимата с европейским стандартом EN 15251:2007 [22], а также американским стандартом ASHRAE 55-2017 [23].

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-В). Построение этих кривых выполнено по методике, разработанной на основе метода «энтальпийного потенциала» в работе [1]. Получены сравнительные результаты для пяти сравниваемых вариантов ССКВ:

1. НИО (без предварительного осушения наружного воздуха): «О»: $t = 27,5^\circ\text{C}$; $x = 15$ г/кг; «В»: $t = 27^\circ\text{C}$, $\phi = 90\%$;
2. АБР – НИО (рис. 5А): $\Delta x = 6$ г/кг; «О»: $t = 25,2^\circ\text{C}$; $x = 9$ г/кг; «В»: $t = 25^\circ\text{C}$, $\phi = 80\%$;
3. АБРохла – НИО (рис. 5Б, охлаждение АБР от технологической градирни ГРДт): $\Delta x = 7$ г/кг; «О»: $t = 24,3^\circ\text{C}$; $x = 8$ г/кг; «В»: $t = 24^\circ\text{C}$, $\phi = 90\%$;
4. АБРохла – НИО (рис. 5Б, охлаждение АБР вспомог. воздушным потоком от НИО): $\Delta x = 7,5$ г/кг; «О»: $t = 25^\circ\text{C}$; $x = 7,5$ г/кг; «В»: $t = 24,5^\circ\text{C}$, $\phi = 87\%$;
5. АБРио-Р – НИО (рис. 5В): $\Delta x = 8,5$ г/кг; «О»: $t = 20,8^\circ\text{C}$; $x = 6,5$ г/кг; «В»: $t = 23,5^\circ\text{C}$, $\phi = 100\%$; (возможна реконденсация)

Оптимальным является величина $l = 1,0$ [1], но, в зависимости от конфигурации ССКВ в целом и наружных параметров воздуха, это соотношение может оперативно меняться. Поскольку вспомогательный воздушный поток покидает НИО также охлаждённым (V^1-V^5) он может использоваться для охлаждения абсорбера (рис. 7, вариант 4). Видно, что процесс осушения воздуха в АБРио (рис. 7, вариант 5) реализуется при его одновременном охлаждении. Достигнутый уровень охлаждения основного потока «О», $t_o = 20,8^\circ\text{C}$, оказывается ниже естественного предела охлаждения по наружному воздуху ($t^1_{\text{м}} 24^\circ\text{C}$) и достигающим точки росы ($t^1_{\text{р}} 20^\circ\text{C}$).

Основные варианты разработанных солнечных холодильных систем представлены на рисунке 6. Получены также сравнительные результаты для шести вариантов СХС (рис. 8):

1. ГРД (без предварительного осушения наружного воздуха): $\rightarrow t^2_{\text{ж}} = 270^\circ\text{C}$;
2. АБР – ГРД (рис. 6А): $x^2 = 9$ г/кг; $t^1_{\text{м}} = 210^\circ\text{C}$, $t^1_{\text{р}} = 11,5^\circ\text{C}$; $\rightarrow t^2_{\text{ж}} = 24,5^\circ\text{C}$; выбросной воздушный поток из ГРД, ВВ: $t = 300^\circ\text{C}$, $\phi = 89\%$;
3. АБРохла – ГРД (рис. 6Б, охлаждение АБР от технологической градирни ГРДт): $x^2 = 8$ г/кг; $t^1_{\text{м}} = 19,5^\circ\text{C}$, $t^1_{\text{р}} = 9^\circ\text{C}$; $\rightarrow t^2_{\text{ж}} = 23,2^\circ\text{C}$; ВВ: $t = 27,5^\circ\text{C}$, $\phi = 90\%$;
4. АБРохла – ГРД (рис. 6Б, охлаждение АБР вспомогат. воздушным потоком от ГРД): $x^2 = 8$ г/кг; $t^1_{\text{м}} = 19,5^\circ\text{C}$, $t^1_{\text{р}} = 9^\circ\text{C}$. $\rightarrow t^2_{\text{ж}} = 23,5^\circ\text{C}$; ВВ: $t = 260^\circ\text{C}$, $\phi = 92\%$;
5. АБРохла – ГРД (рис. 6В, охлаждение АБР частью холодной воды от «продуктовой» ГРДпр): $x^2 = 7,5$ г/кг; $t^1_{\text{м}} = 17,5^\circ\text{C}$, $t^1_{\text{р}} = 7,5^\circ\text{C}$. $\rightarrow t^2_{\text{ж}} = 22,0^\circ\text{C}$; ВВ: $t = 24,5^\circ\text{C}$, $\phi = 96\%$;
6. АБРио-Р – НИО (рис. 6Г): $x^2 = 7,0$ г/кг; $t^1_{\text{м}} = 17,0^\circ\text{C}$, $t^1_{\text{р}} = 6,5^\circ\text{C}$. $\rightarrow t^2_{\text{ж}} = 21,0^\circ\text{C}$; ВВ: $t = 23,5^\circ\text{C}$, $\phi = 100\%$ (возможна реконденсация).

Система может быть построена только на использовании ГРД на наружном воздухе (вариант 1). Здесь процесс изменения состояния воздуха в ГРД – линия 1-BB1; изменение состояния охлаждаемой воды показано на Н-Т диаграмме условно вдоль линии насыщения (стрелка 1). Особый интерес представляют варианты СХС (АБРохл – ГРДпр, рис. 4Б, 6В) с использованием части «продуктовой» воды от ГРДпр для предварительного охлаждения воздушного потока, поступающего в градирню. Линией 1-5 здесь показано осушение воздуха в АБР, а линией 5-BB5 обозначено изменение состояния воздуха в градирне

Выводы

1. Разработана концепция создания нового поколения многофункциональных солнечных систем МСС. Основным их элементом является комплекс взаимосвязанных теплообменных аппаратов в виде автономного блока [(ДБР ↔ АБР) – ГРД] для создания СХС и [(ДБР ↔ АБР) – НИО] для создания ССКВ; несомненный практический интерес представляет использование «выбросных», увлажнённых, но холодных воздушных потоков из испарительных охладителей ГРД и НИО.

2. Перспективным решением является использование абсорбера с внутренним испарительным охлаждением АБРИо; несомненный интерес представляет вариант СХС с использованием части охлаждённой воды от градирни ГРДпр для охлаждения абсорбера. Для абсорбционных солнечных систем пределом охлаждения является температура точки росы наружного воздуха, что существенно расширяет возможности их практического использования.

3. Выполнен анализ принципиальных возможностей ССКВ, показавший, что даже для очень тяжёлых параметров наружного воздуха, разработанные ССКВ однозначно обеспечивают получение требуемых комфортных параметров воздушной среды в обслуживаемом помещении без привлечения традиционной парокомпрессионной техники.

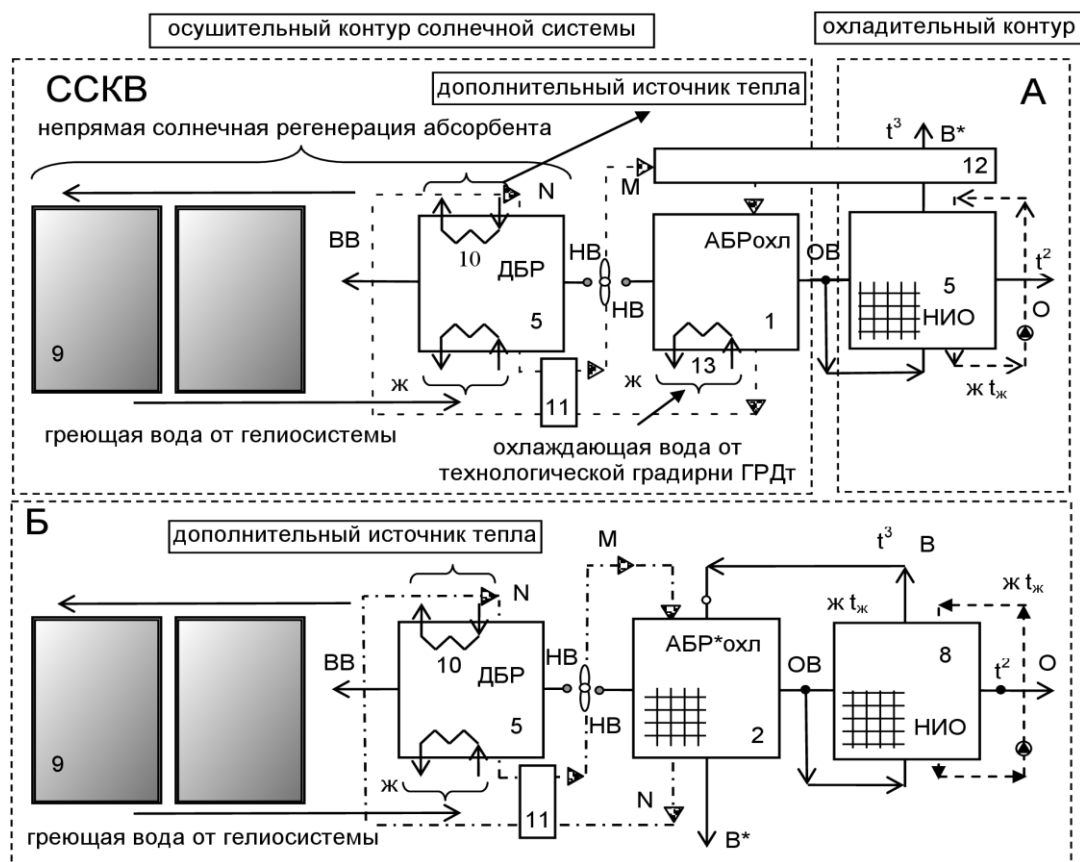


Рисунок 1 - Основные варианты солнечных абсорбционных систем кондиционирования воздуха ССКВ

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

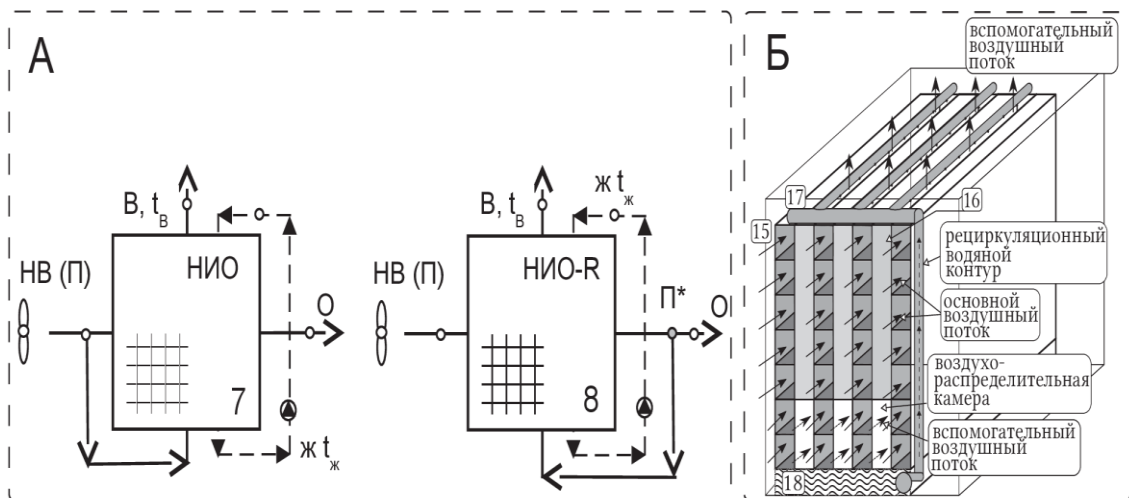


Рисунок 2 - Испарительные воздухоохладители непрямого типа для солнечных систем

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

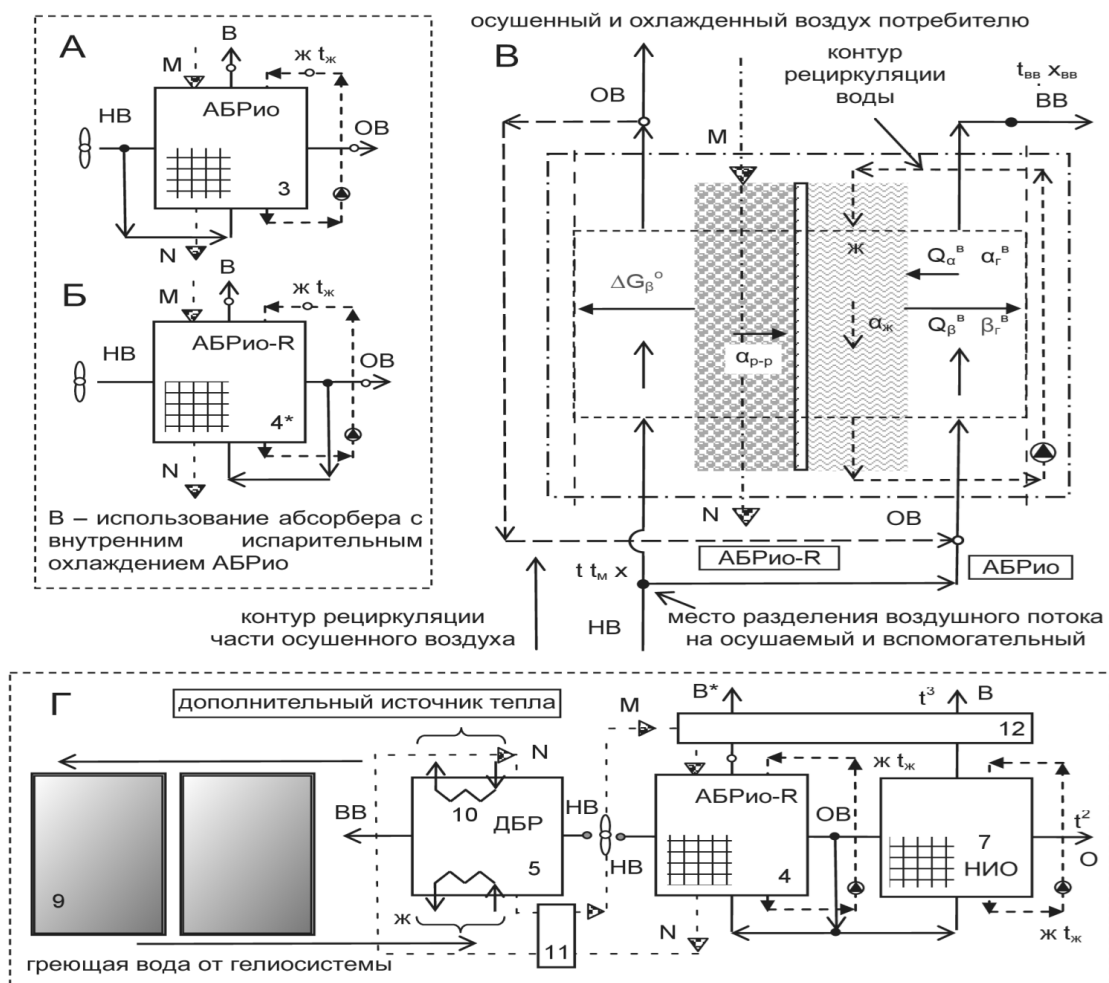


Рисунок 3 - Абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, основные варианты решений.

А – АБРИо с использованием наружного воздуха для испарительного охлаждения абсорбера;

Б – АБРИо-R с использованием части осушенного воздуха для испарительного охлаждения абсорбера;

В – схема контакта газожидкостных потоков в соседних каналах АБРИо; Г – принципиальная схема ССКВ на основе АБРИо-R. Обозначения по рисунку 1.

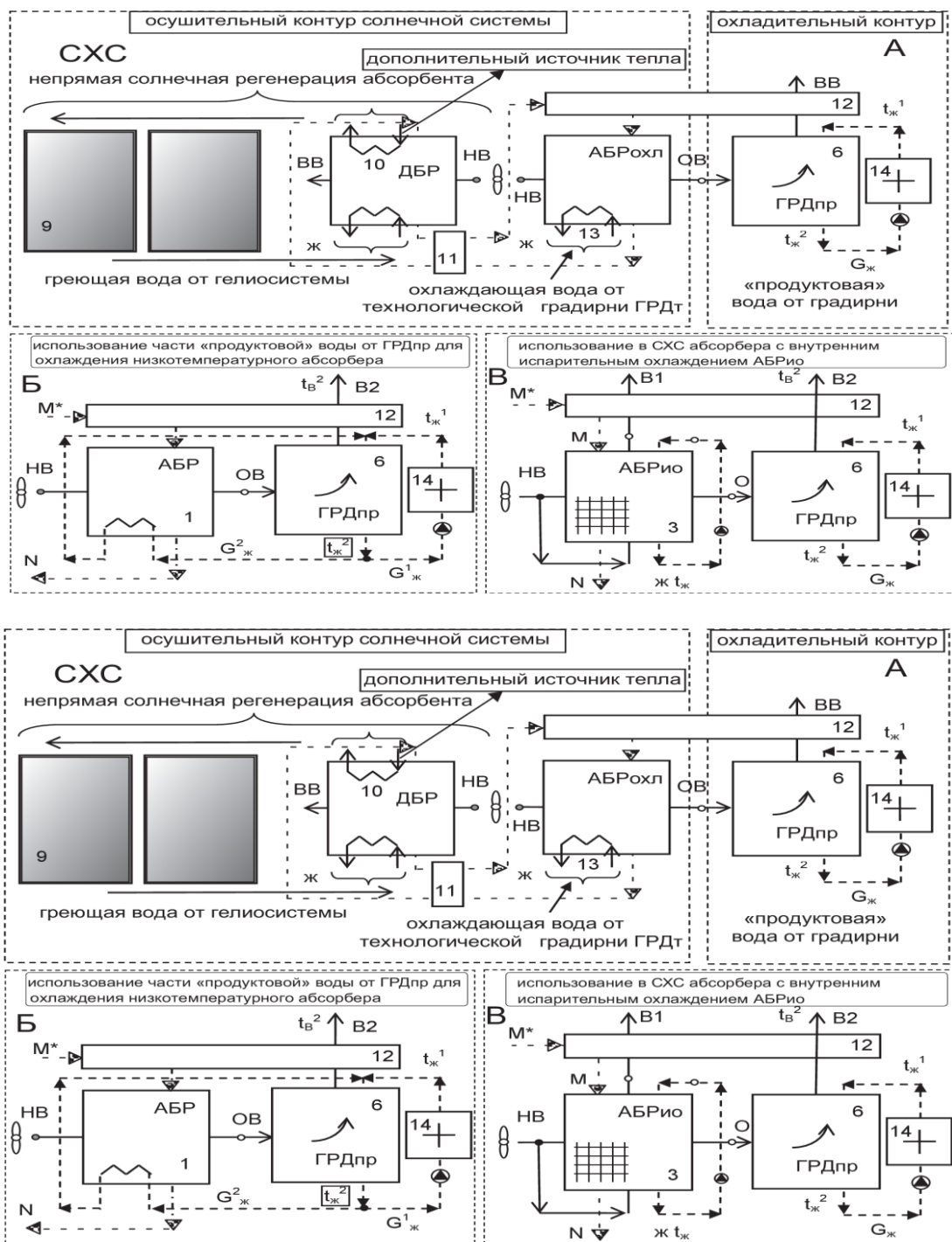


Рисунок 4 - Основные варианты солнечных холодильных систем СХС
Обозначения по рис. 1, доп.: 14 – охлаждаемый объект.

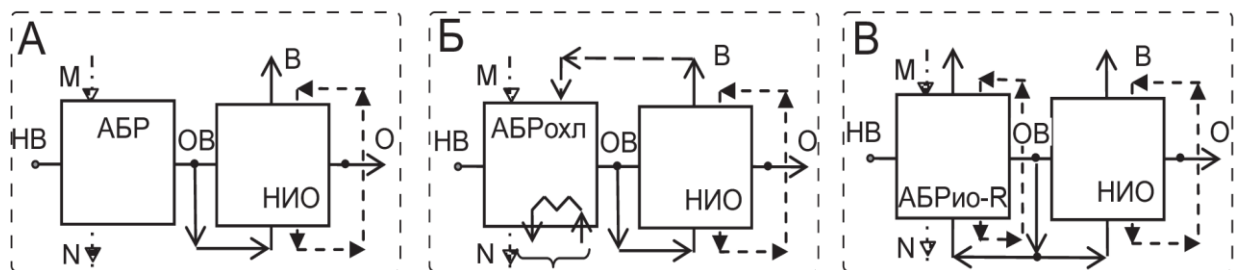


Рисунок 5 - Принципиальные схемы узлов АБР-НИО для ССКВ

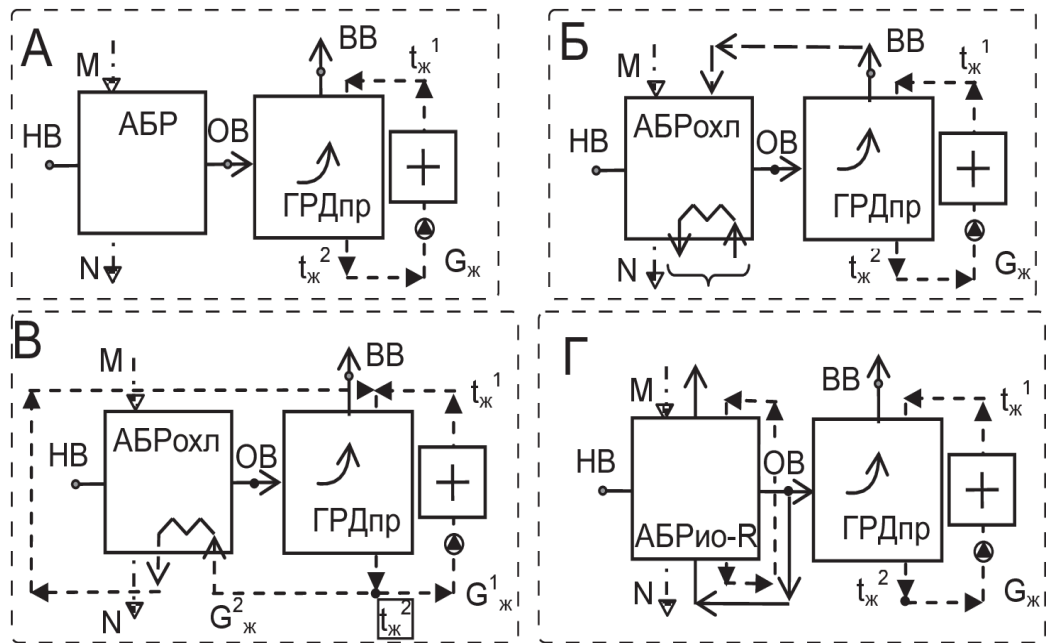


Рисунок 6 - Принципиальные схемы узлов АБР-ГРД для СХС

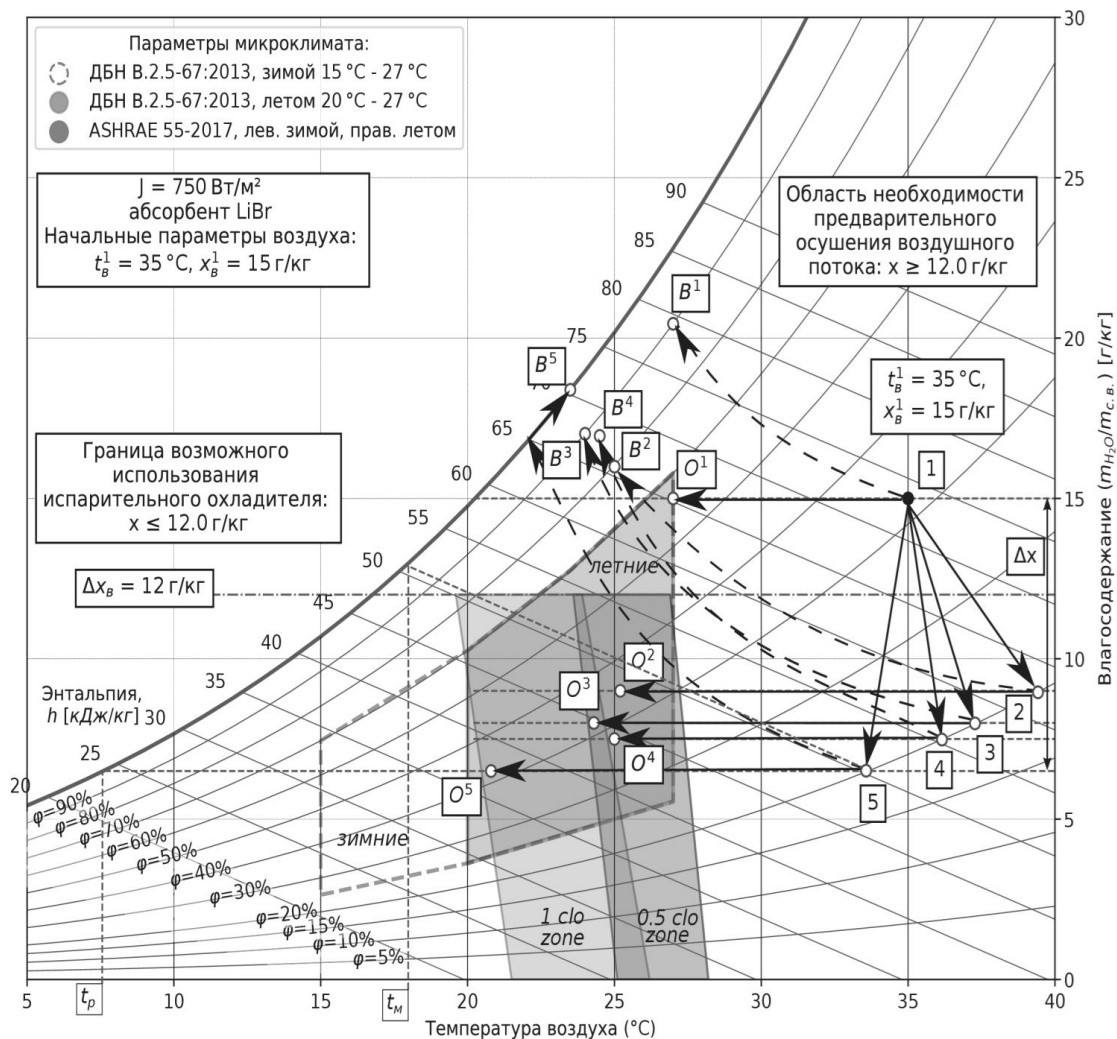


Рисунок 7 - Принципиальные возможности разработанных ССКВ (формула АБР-НИО) на основе открытого абсорбционного цикла: 1-2(5) – процесс осушения воздуха в абсорбере; «О» и «В» – охлаждение основного и вспомогательного воздушных потоков в НИО

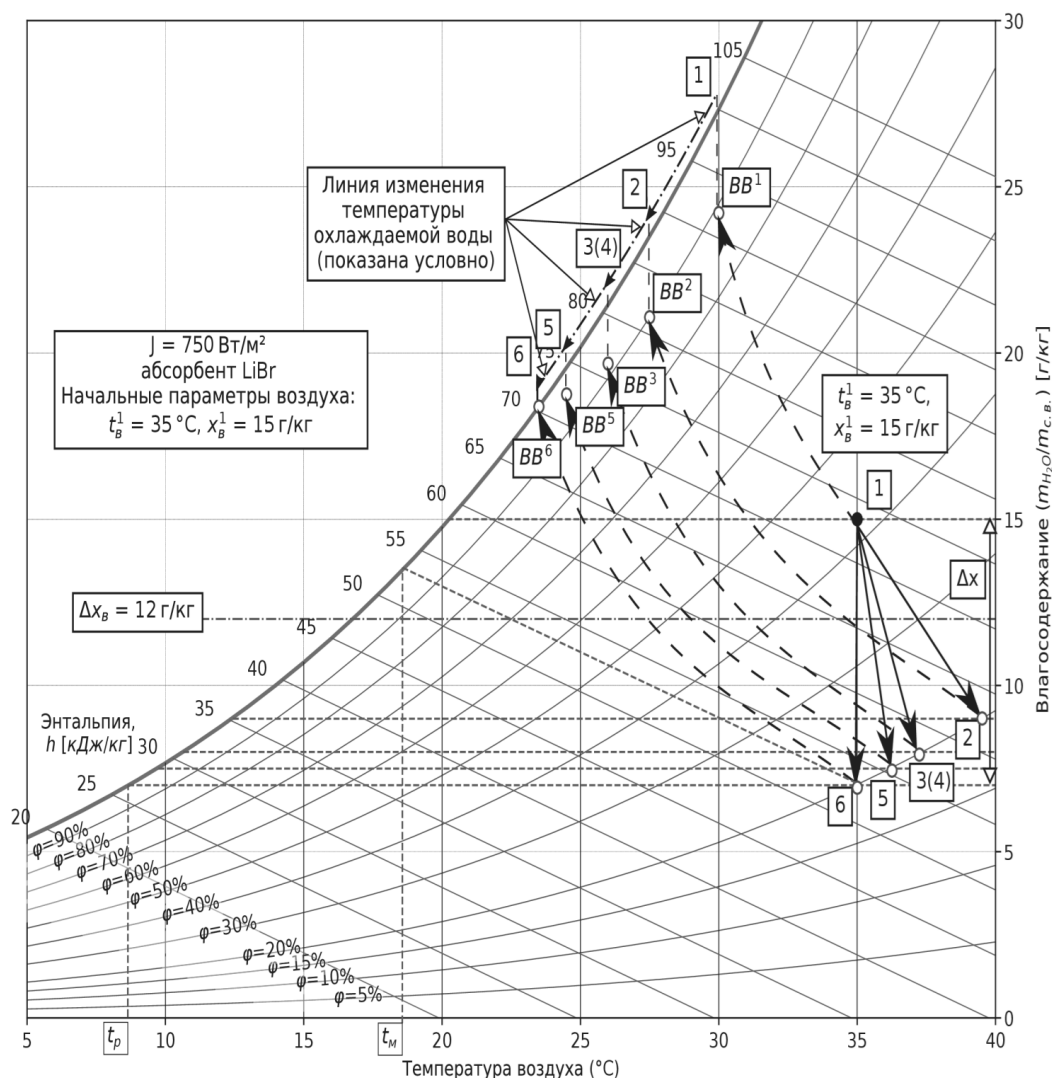


Рисунок 8 - Принципиальные возможности разработанных СХС (формула АБР-ГРД) на основе открытого абсорбционного цикла: 1-3(4) – процесс осушения воздуха в абсорбере; 1-BB¹, 2-BB²... 6-BB⁶ – выбросные воздушные потоки из ГРД

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doroshenko A.V., Glauberman M.A. Alternative energy [Alternative energy]. *Refrigerating and Heating Systems*, [Odessa I.I. Mechnicow National University Press], 2012.
2. Guangming Chen, Kostyantyn Shestopalov, Alexander Doroshenko, Paul Koltun, Polymeric materials for solar energy utilization: a comparative experimental study and environmental aspects, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2015, vol. 54, pp. 796-805.
3. Foster R.E., Dijkstra E. Evaporative Air-Conditioning Fundamentals: Environmental and Economic Benefits World Wide. [Proc. Int. Conf. "Applications for Natural Refrigerants", Aarhus, Denmark, IIF/IIR, 1996, pp. 101-109 (In English).
4. А.В. Дорошенко, В.Х. Кирилов, А.Р. Антонова, К.В. Людницкий. Солнечные многоступенчатые холодильные системы на основе абсорбера с внутренним испарительным охлаждением // *Problemele energeticii regionale*. – 2015. – №2 (28). – С. 77-88.
5. А.В. Дорошенко, Людницкий К.В. Процессы общего теплообмена в аппаратах солнечных абсорбционных холодильных систем // *Problemele energeticii regionale*. – 2014. – №3. – С. 29-41.
6. А.В. Дорошенко, А.Р. Антонова, Людницкий К.В. Солнечные многоступенчатые абсорбционные холодильные системы на основе теплообменных аппаратов пленочного типа // *Холодильна техника та технологія*. – 2015. – №2 (том 51). – С. 25-31.
7. А.В. Дорошенко, Людницкий К.В. Солнечные холодильные системы на основе абсорбера с внутренним испарительным охлаждением // *Холодильна техника та технологія*. – 2015. – №3 (том 51). – С. 42-52.

8. А.В. Дорошенко, М.А. Глауберман, В.Х. Кирилов, А.Р. Антонова, К.В. Людницкий Солнечные абсорбционные холодильные системы. Принцип построения и анализ возможностей / К.В. Людницкий, // Фізика аеродисперсних систем. – 2015. – №52. – С. 34-46.
9. John L., McNab, Paul McGregor. Dual Indirect Cycle Air-Conditioner Uses Heat Concentrated Dessicant and Energy Recovery in a polymer Plate Heat Exchanger. [Proc. 21 International Congress of Refrigeration IIR/IIF], 2003, Washington, D.C, ICR0646.
10. Stoitchkov N. J., Dimirov G.J. Effectiveness of Crossflow Plate Heat Exchanger for Indirect Evaporative Cooling. Int. J. Refrig., vol. 21, no. 6, 1998, pp. 463-471.
11. Zhao, X., Liu, S., Riffat, S.B. Comparative study of heat and mass exchanging materials for indirect evaporative cooling systems. [Proc 43th Int Conf. "Building and Environment"], 2008, pp. 1902–1911.
12. Gomes E.V., Martinez F.J., Diez, F.V., Leyva, M.J., Martin, R.H., Description and experimental results of a semi-indirect ceramic evaporative cooler. Int. Journal of Refrigeration, 2005, vol. 28, pp. 654-662.
13. Doroshenko A. V., Khalak V. F. The prospects of polymeric materials (PMs) in assembling the solar water-thermal collectors (SCs). Comparative data analysis and exploratory research of promising solutions. Refrigeration Engineering and Technology, vol. 54, no. 5, 2018, pp. 44-52
14. Hasan A. Going below the wet-bulb temperature by indirect evaporative cooling: Analysis using a modifiede-NTU method. Applied Energy 89 (2012) 237–245.
15. Kabeel A., Abdelgaied M. Numerical and experimental investigation of a novel configuration of indirect evaporative cooler with internal baffles. Energy Conversion and Management 126 (2016) 526–536.
16. Chen Y., Yang H., Luo Y. Indirect evaporative cooler considering condensation from primary air: Model development and parameter analysis. Building and Environment 95 (2016) 330e345.
17. Chen Y., Yang H., Luo Y. Parameter sensitivity analysis and configuration optimization of indirect evaporative cooler (IEC) considering condensation. Applied Energy 2016.
18. Maisotsenko V., Lelland Gillan, M. 2003, The Maisotsenko Cycle for Air Desiccant Cooling. [Proc. 21st Int. Cong of Refrigeration IIR/IIF], 2003, Washington, D.C, ICR0646.
19. Denis Pandelidis, Sergey Anisimov, William M. Worec. Performance study of the Maisotsenko Cycle heat exchangers in different air-conditioning applications. Intern. Journal of Heat and Mass Transfer, 2015, vol.81, pp. 207-221
20. Muhammad H., Muhammad S., Miyazaki T., Koyama S., Maisotsenko S. Overview of the Maisotsenko cycle—A way towards dew point evaporative cooling. Renewable and Sustainable Energy Reviews 66 (2016) 537–555.
21. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування [State Standard B.2.5-67:2013. Heating, ventilation and conditioning]. Ukraine, Minregion of Ukraine, 2014. 141 p
22. EN 15251:2007. «Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics»
23. ANSI/ASHRAE Standard 55-2017. «Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy»

УДК 62-713.82/621.385

MAGNETRONS COOLING SYSTEM MODERNIZATION

МОДЕРНИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОХЛАЖДЕННЯ МАГНЕТРОНОВ

Boshkova I. L.^a , dr of techn sc, professor Volgusheva N.V.^b , p.h.d, associate professor, Potapov M.D.^c , PhD, Ass. Prof.	Бошкова И. Л.^а , д.т.н., проф. Волгушева Н. В.^б , к.т.н., доц Потапов М. Д.^с , к.т.н., доц.
Odessa national academy food technologies, Ukraine, 65182, Odessa, Dvoranskaya 1/3	Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65082, Одесса, Дворянская 1/3
E-mail: a – boshkova.irina@gmail.com; b – natvolgusheva@gmail.com; c – dorosh1gan@gmail.com,	

Abstract

The system for ensuring the thermal regime of the magnetron anode block was modernized by replacing the air cooling system with a liquid cooling system. The use of liquid cooling system allows the use of magnetrons produced in production, in the design of industrial microwave devices. The developed liquid cooling system has unified qualities that allow it to be used for cooling from 1 to 6 magnetrons and can solve the problem of increasing production efficiency and the reliability of microwave technology.

Авторский алфавитный указатель

- Akimov M.M., Tussipov N.O., Alieva M.A., Davydova S.G., Kim I.A.**
Research of the resistance of the dried material in the fluidized bed depending on the speed of the drying agent
Акимов М.М., Тусипов Н.О., Алиева М.А., Давыдова С.Г., Ким И.А.
Исследование сопротивления высушиваемого материала в кипящем слое в зависимости от скорости сушильного агента 7
- Alekseev G.V., Voronenko B.A., Egorova O.A., Leu A.G.**
Heat and mass transfer modeling during storage of food raw materials mounds in conditions of active ventilation
Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Егорова О.А., Леу А.Г.
Моделирование тепло - и массопереноса при хранении насыпей пищевого сырья в условиях активного вентилирования 10
- Amiaga J. V.^{1a}, Vologzhanina S. A.^{2b}**
Features of relief obtaining on the surface of steel parts using a 50 w laser
Амяга Д. В.^{1а} Вологжанина С. А.^{2б}
Особенности получения рельефа на поверхности стальных изделий с помощью лазера мощностью 50 Вт 15
- Parimbekov Z., Aldazhumanov Z., Telmanov M.A.,**
Research of the intensity of processes of freezing products based on meat raw materials
Паримбеков З.А.^а, Алдажуманов Ж.К., Тельманов М. А.
Исследование интенсивности процессов замораживания продуктов на основе мясного сырья 22
- Doroshenko A.V., Khalak V.F., Antonova A.R.**
Solar-radiation-based multifunctional absorption systems of refrigeration and air conditioning. Developments and analysis of opportunities.
Дорошенко А.В., Халак В.Ф., Антонова А.Р.
Солнечные многофункциональные абсорбционные системы хладоснабжения и кондиционирования воздуха. Разработка и анализ возможностей 25
- Boshkova I. L., Volgusheva N.V., Potapov M.D.**
Magnetrons cooling system modernization
Бошкова И.Л., Волгушева Н.В., Потапов М. Д.
Модернизация системы охлаждения магнетронов 34
- Baibassarova A.R., Zhumabekov A.S., Stepanova O.A., Yermolenko M.V., Parimbekov Z.A.**
The influence of component composition on the thermophysical characteristics of food products
Байбасарова А.Р., Жумабеков А.С., Степанова О.А., Ермоленко М.В., Паримбеков З.А.
К вопросу влияния компонентного состава на теплофизические характеристики пищевых продуктов 38
- Doroshenko A.V., Kovalenko C.A., Antonova A.R.**
Solar absorption air conditioning systems based on low temperature evaporative air coolers
Дорошенко А.В., Коваленко С.А., Антонова А.Р.
Солнечные абсорбционные системы кондиционирования воздуха на основе низкотемпературных испарительных воздухоохладителей 40
- Budanov V.A., Berkan I.V.**
Increasing energy efficiency of compressors
Буданов В.А., Беркань И.В.
Повышение энергоэффективности компрессоров 49