



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова конференції – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Хмельнюк М.Г. – зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Мілованов В.І. – зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор.

Радченко М.І. – зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEА ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

**СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ.
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ**

стр.

99.	КАЛОРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ R600a / МИНЕРАЛЬНОЕ МАСТИЛО ТА DME / TEG	225
	Мотовой І.В., Івченко Д.О., Железний В.П	
100.	ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ МІЖ ЗЕРНІВКАМИ ТА ОХОЛОДЖУВАЛЬНИМ ПОВІТРЯМ У ЗЕРНОСХОВИЩІ	228
	Кюрчев С.В., Кюрчева Л.М., Верхоланцева В.О.,	
101.	ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПАЛИВА ДЛЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	230
	Андреев А.А., Максимов В.І.	
102.	ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	231
	Федоров О.Г.	
103.	НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС	233
	Буданов В.О., Мілованов В.І., Губінов Д.О.	
104.	ДОСЛІДЖЕННЯ РІДИННО-ПАРОВИХ ЕЖЕКТОРІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ ЗА ПРИНЦИПОМ СТРУМІННОЇ ТЕРМОКОМПРЕСІЇ	236
	Шарапов С.О., Арсеньев В.М.	
105.	ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МІЖФАЗОВОГО ВОЛОГООБМІНУ КАПЛІАРНО-ПОРИСТИХ ТІЛ	237
	Гапонюк І. І.,	
106.	30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ	238
	Возний В.Ф.	
107.	СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	239
	Дорошенко А.В.	

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

(Солнечные многофункциональные абсорбционные системы тепло-хладоснабжения и кондиционирования воздуха)

Дорошенко А.В., докт. техн. наук, профессор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики. *Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского. Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина*

В докладе рассмотрены принципы построения и принципиальные возможности осушительно-испарительных охладителей, основанных на использовании открытого абсорбционного цикла. Суть открытого абсорбционного цикла заключается в том, что наружный воздух предварительно осушается, так что при этом резко возрастают потенциалы последующего испарительного охлаждения с использованием осушенного в абсорбере воздуха, который затем поступает в ИО, где может быть обеспечено глубокое охлаждение среды в солнечных холодильных системах (СХС), либо в системах кондиционирования воздуха (ССКВ). Сравнительно с традиционными решениями, с применением пароконденсационных охладителей сред, такие схемы обеспечивают значительное снижение энергопотребления и высокую экологическую чистоту [1-3]. Поддержание непрерывности осушительно-испарительного цикла обеспечивается солнечной регенерацией абсорбента в десорбере-регенераторе. Перспективность практического использования альтернативных солнечных систем определяется их достоинствами: - экологической чистотой [4]; сравнительно низкими энергозатратами [1-3]; возможность комплексного решения ряда задач жизнеобеспечения: горячего водоснабжения, отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха. Основными направлениями для разрабатываемых солнечных систем являются: разработка и сравнительная оценка различных схемных решений осушительно-испарительных систем, в частности, использование многоступенчатых решений, обеспечивающих дальнейшее снижение достигаемого температурного уровня охлаждения сред; создание нового поколения ТМА для альтернативных систем, характеризующегося малым весом и стоимостью с преимущественным использованием полимерных материалов – полимерного солнечного жидкостного коллектора СКЖ [1-3] и основных теплообменников аппаратов ТМА. Основная концепция создания многофункциональных солнечных систем представлена на рис. 1. Все теплообменники аппаратов (ТМА) обоих контуров унифицированы. Это аппараты пленочного типа, основанные на использовании в качестве насадки многоканальных полимерных моноблоковых структур [1-3]. Десорбер ДБР может выполняться многоступенчатым, с последовательным прохождением абсорбента (растворы бромистого лития LiBr, с добавками, снижающими коррозионную активность и увеличивающими растворимость) через каждую ступень регенерации; при этом соответствующие ступени солнечной системы десорбер-абсорбер связаны между собой (рис. 1), так что концентрация абсорбента повышается от ступени к ступени. Испарительные воздухоохладители могут быть обычного (НИО) и регенеративного типов (НИО-R) [1-3], отличаясь местом разделения воздушного потока, поступающего в охладитель. Для СХС перспективным является схема с использованием части «продуктовой» воды от ГРДпр для охлаждения низкотемпературного абсорбера АБР2. Это позволяет исключить из схемы технологическую градирню, обслуживающую АБР низкотемпературной ступени.

Анализ принципиальных возможностей выполнен на примере двухступенчатых ССКВ с одним (единым для двух степеней) десорбером: [(ДБР1 ↔ АБР1) – НИО1 – (ДБР1 ↔ АБР2) – НИО2 → «О»] (рис. 2А и Б) и ССКВ с двумя десорберами, решенная по формуле: [(ДБР1 ↔ АБР1) – НИО1 – (ДБР2 ↔ АБР2) – НИО2 → «О»] (рис. 2В). Начальные условия для наружного воздуха были приняты в самом тяжелом варианте, как по его температуре ($t^1 40^0\text{C}$), так и по влагосодержанию ($x^1 20 \text{ г/кг}$), чтобы наглядно выявить предельные возможности разрабатываемых ССКВ. Результаты анализа приведены также на совмещенной диаграмме р-Т для раствора (LiBr+ – влажный воздух). Видно, что для очень тяжелых параметров наружного воздуха разработанная ССКВ однозначно обеспечивает получение требуемых комфортных параметров воздушной среды в обслуживаемом помещении. Число требуемых ступеней охлаждения [(ДБР ↔ АБР) – НИО] в ССКВ определяется степенью трудности решаемой задачи, и, например, для условий Украины и Европы в целом, можно обойтись одноступенчатым вариантом ССКВ.

Анализ возможностей СХС рассмотрен на примере двухступенчатых СХС с одним десорбером и с двумя десорберами (рис. 3). Видно, как рост концентрации абсорбента снижает

достигаемый уровень влагосодержания, и, соответственно, общий уровень охлаждения среды. Результаты анализа приведены для десяти вариантов разработанных СХС и иллюстрируют их сравнительные возможности с точки зрения достигаемого уровня охлаждения. Самый глубокий уровень обеспечивают двухступенчатые охладители, причем уровень охлаждения определяется ростом концентрации абсорбента от ступени к ступени охлаждения. Несомненный интерес представляет вариант СХС с использованием части «продуктовой» воды от «продуктовой» градирни ГРДпр для охлаждения низкотемпературного абсорбера АБР2. Для европейских условий солнечные абсорбционные СХС обеспечивают получение захлажденной воды на уровне 5-10⁰С, что позволяет обслуживать ряд пищевых технологий, не прибегая к парокомпрессионным охладителям. Разработанные СХС могут найти успешное применение и в решении задач традиционной энергетики, холодильной и криогенной техники, а также в системах кондиционирования воздуха, комфортного и технологического назначения.

Выполнен также общий экологический анализ новых решений СХС и ССКВ с использованием методологии и базы данных «Полный жизненный цикл» (ПЖЦ, международные стандарты ISO (ISO 14040, 14041, 14042 и 14043, «ECO-INDICATOR 99», база данных программы «SIMAPRO-6») [4]. Альтернативная система ССКВ приводит к меньшему истощению природных ресурсов, чем традиционная СКВ, основанная на парокомпрессионном принципе, что говорит о ее большей энергетической эффективности; она вносит меньший вклад в глобальное изменение климата. Ъ

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Doroshenko A.V., Glauberman M.A., 2012. Alternative Energy. Refrigerating and Heating Systems. /monograph/. Odessa: I.I. Mechnikov National University Press, 2012. – 450 pp
2. Guangming Chen, Alexander Doroshenko, Paul Koltun, Kostyantyn Shestopalov, Comparative field experimental investigations of different flat plate solar collectors, Solar Energy, 115, pp. 577-588, 2015.
3. 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, 54, pp. 796-805, 2015
4. Koltun, P. Life Cycle Assessment of a Conventional and Alternantive Air-Conditioning Systems. P. Koltun, S. Ramakrishnan, A. Doroshenko, M. Kontsov. 21^h International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C, ICR0140, 2003. P. 45-57.

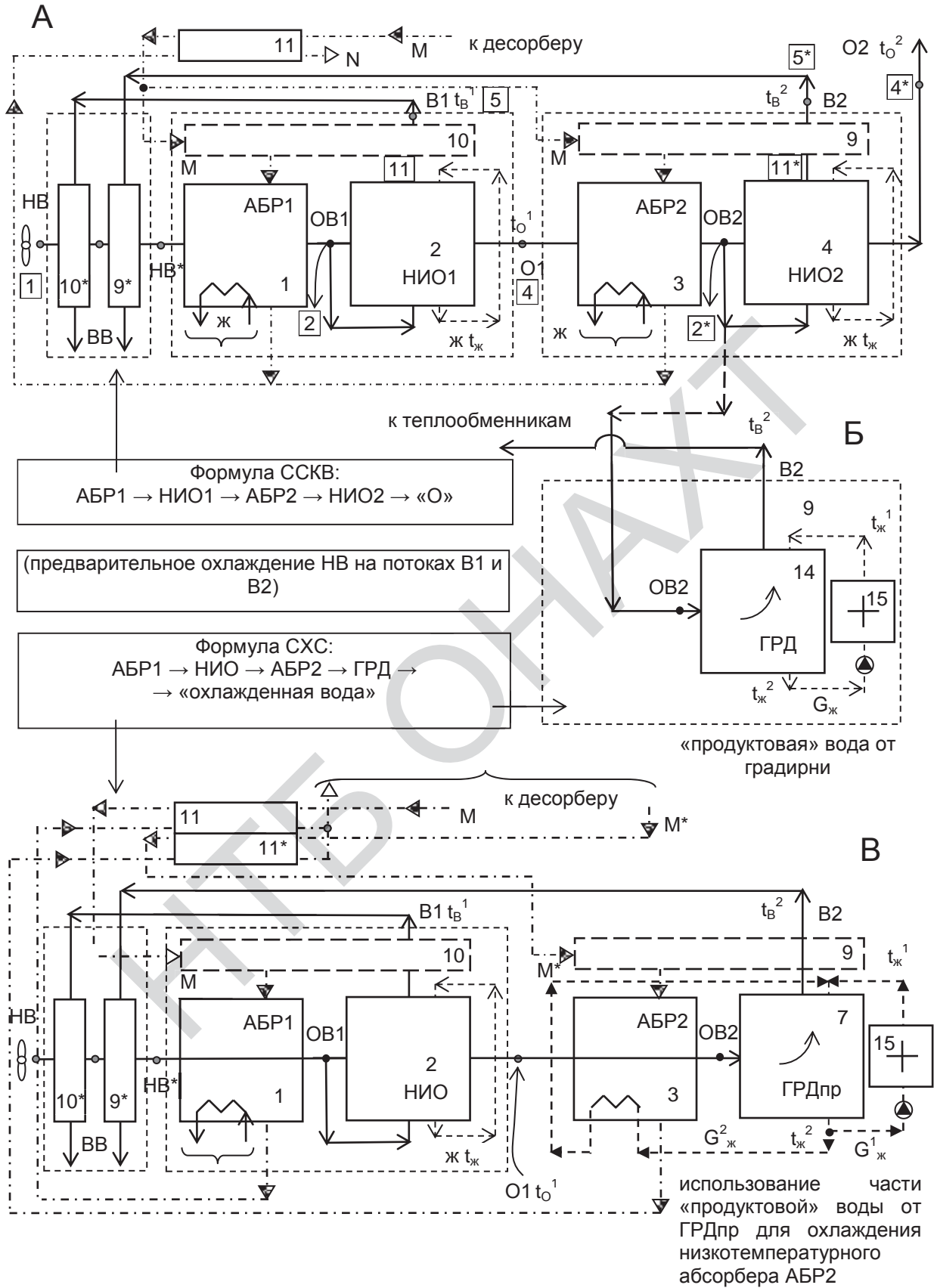


Рисунок 1. Варианты разработанных схемных решений для ССКВ (А) и СХС (Б и В).
Обозначения приведены в тексте

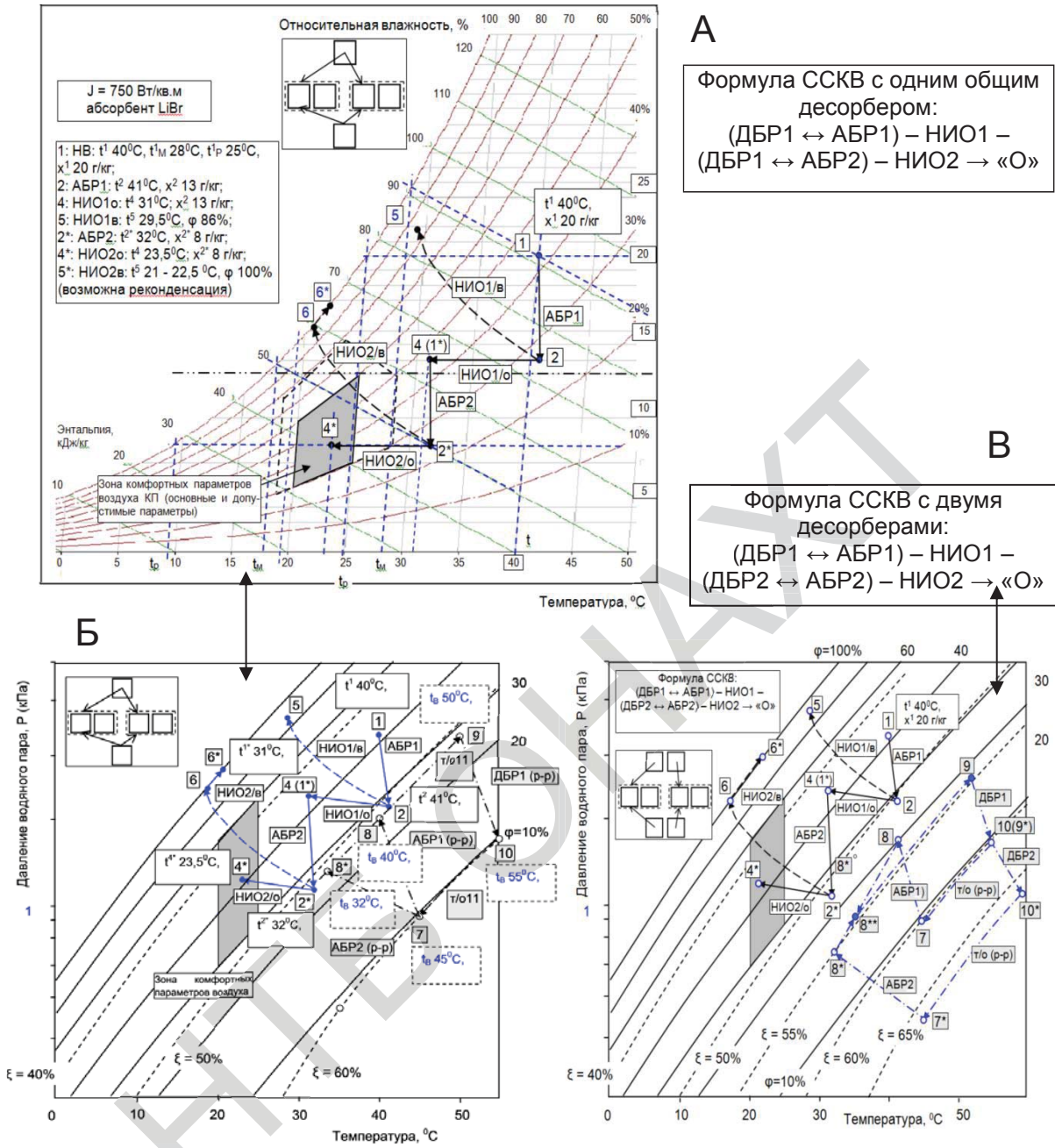
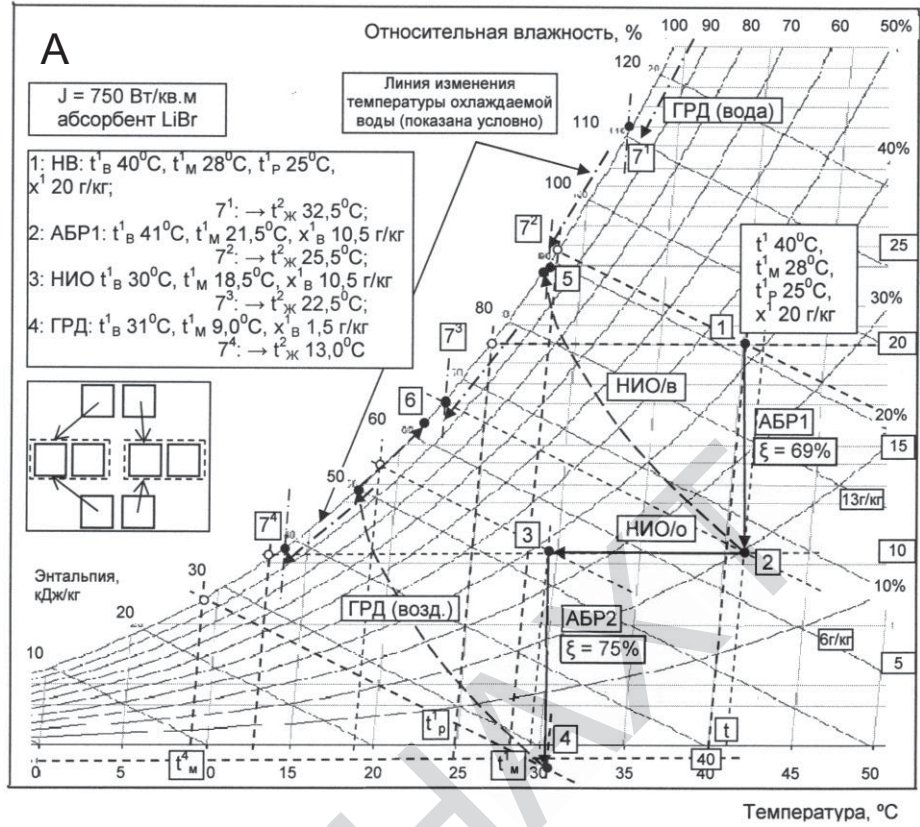


Рисунок 2. Изображение процессов в ССКВ на Н-Т диаграмме вл. воздуха (А) и совмещенной диаграмме р-Т для раствора LiBr+ – вл. воздух (Б) (формула [(ДБР1 ↔ АБР1) – НИО1 – (ДБР1 ↔ АБР2) – НИО2]). Показаны: 1-2 и 1*-2*- процессы осушения воздуха в АБР1 и АБР2; 2-4(1*) (основной возд. поток) и 2-5 (вспомогат. возд. поток) – НИО1; 2*-4* и 2*-6-6*- НИО2; 7-8(8*)-9-10 – изменение состояния раствора абсорбента в абсорбере (7-8, АБР1) и (7-8*, АБР2), теплообменнике (8-9, 8*-9 и 10-7) и десорбере (9-10);

В – Процессы в двухступенчатой ССКВ по формуле [(ДБР1 ↔ АБР1) – НИО1 – (ДБР2 ↔ АБР2) – НИО2]. Показаны: 1-2 и (4)1*-2*- осушение воздуха в АБР1 и АБР2; 2-4(1*) (осн. возд. поток) и 2-5 (вспом. возд. поток) – процессы в НИО1; 2*-4* и 2*-6-6*- процессы в НИО2. Раствор абсорбента: 8** (7-8, 7*-8*)-9-10-10* – процессы в абсорберах: (7-8-8**, АБР1) и (7*-8*-8**, АБР2), теплообменнике (8**.-9 и 10-7, 10*-7*) и десорбере (9-10-10*).



Формула СХС: НВ → (ДБР1 ↔ АБР1) – НИО – (ДБР2 ↔ АБР2) – ГРД →
 → «охлажденная вода» (повышение концентрации абсорбента до 69 - 75%)

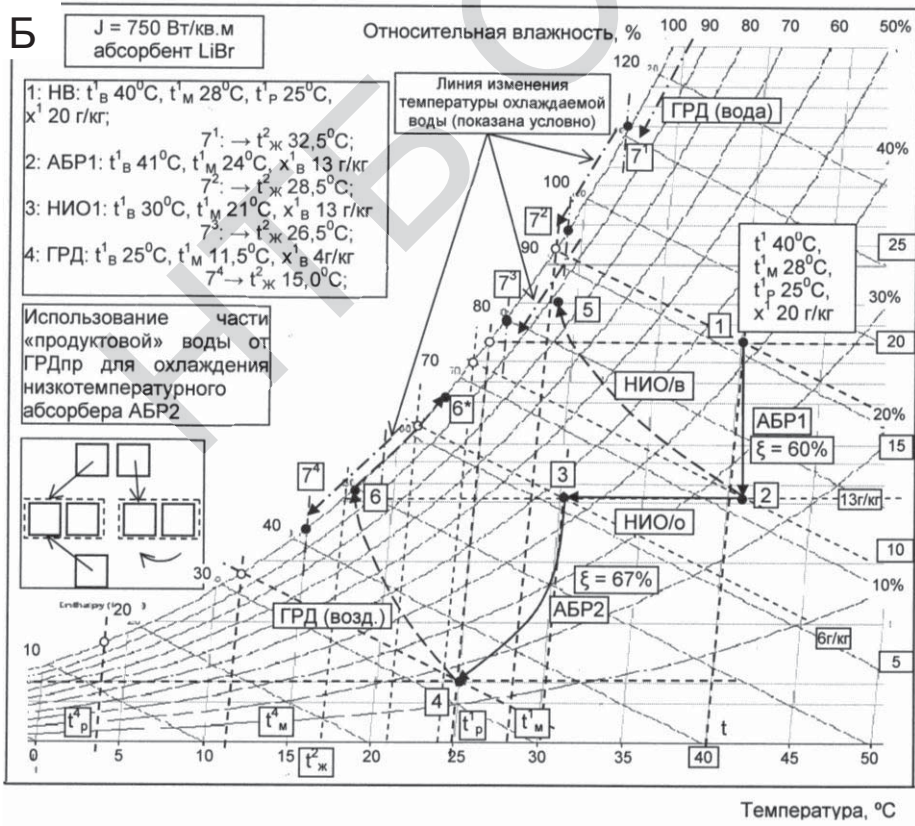


Рисунок 3.
 Принципиальные возможности разработанных двухступенчатых СХС (Б – СХС с использованием части «продуктовой» воды для охлаждения низкотемпературного абсорбера второй ступени)

Формула СХС: НВ → (ДБР1 ↔ АБР1) – НИО – (ДБР2 ↔ АБР2) – ГРД →
 → «охлажденная вода»