

ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА

На правах рукописи

ИССА МАЖЕД МОХАМЕД

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Специальность 05.04.03 - Холодильная и криогенная техника,
системы кондиционирования

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1996

621.5



00743848 (Y)

Работа выполнена в Одесской
лода и научно-производствен
Госпищепрома Украины.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
А.В.Дорошенко

Официальные оппоненты - Доктор технических наук, профессор
Михайленко Г.Г.
Кандидат технических наук, доцент
Морозюк Л.И.

Ведущая организация - Инженерно - технологический инсти-
тут "Биотехника"

Защита состоится "27" декабря 1996 г. в 14⁰⁰ часов на заседании
специализированного Совета Д.05.20.01 при Одесской Государ-
ственной Академии Холода по адресу: 270100, г.Одесса,
ул.Дворянская, 1/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОГАХ.
Автореферат разослан "27" ноября 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
д. т. н., профессор

В.А.Календерьян

Исх. №

78-36.356

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Последнее десятилетие поставило под сомнение возможности традиционных решений в области вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. Сама необходимость в развитии этих систем жизне-обеспечения неуклонно возрастает и нужда в более эффективных решениях сегодня даже более настоятельна, чем во времена энергетического кризиса 70-х годов. В то же время энергетические ресурсы истощаются, при продолжающемся росте населения. Создание же более эффективных технологий сдерживается значительно больше, чем 20 лет назад: существует проблема с озоноразрушающими хладагентами, следует уменьшить выделение CO_2 , как разумный ответ на потенциальное глобальное потепление. Относительная влажность внутри помещений должна быть снижена для воспрепятствования росту микроорганизмов, вызывающих заболевания. Ужесточение экологических требований к отбору хладоносителей и необходимость снижения энергозатрат, обусловили поиск новых, перспективных на рубеже XXI века решений, к числу которых относится использование в системах кондиционирования воздуха (СКВ) испарительных методов термовлажностной обработки воздуха, базирующихся на использовании естественного потенциала - неравновесного состояния воздуха, в этом смысле, стоящего в ряду возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная и пр.).

Непрямое испарительное охлаждение воздуха обеспечивает охлаждение при неизменном влагосодержании и представляет несомненный интерес для создания СКВ нового поколения. К сожалению, применимость этого метода ограничена областью сухого и жаркого климата и при высоких влагосодержаниях метод малоэффективен. Альтернативой в самой долгосрочной перспективе может быть открытая абсорбционная система (предварительное осу-

ИТБ им. В. Стефанька

шение воздуха, испарительное охлаждение, регенерация сорбента) использующая, в качестве греющего источника, энергию солнца, газовый бойлер либо любой источник низкопотенциального тепла, и включающая косвенно-испарительный воздухоохладитель. Последние годы характеризуются резким всплеском интереса к возможностям открытых абсорбционных систем, как основой для создания нового поколения холодильных, теплонасосных и кондиционирующих систем, отличающихся экологической чистотой и малой энергоемкостью. Многочисленные исследования последних лет не выходят за рамки теоретическо-экспериментальных изысканий.

Цикл работ, выполненных в ОГАХ, по исследованию и созданию косвенно-испарительных воздухоохладителей для СКВ, явился основой для разработки альтернативных СКВ (АСКВ), основанных на использовании открытого абсорбционного цикла.

Цель исследования состоит в разработке новых схемных решений АСКВ на основе ОИР-цикла (осушение, испарительное охлаждение, регенерация), интегрирующих косвенно-испарительный охладитель, разработке основ расчета таких систем, экспериментальном исследовании КИО в области малых влагосодержаний, обеспечиваемых ОИР-циклом и разработке основ проектирования новых систем и аппаратуры для них.

Научную новизну работы составляют:

- методика и результаты моделирования процессов в АСКВ на основе открытого абсорбционного цикла, обеспечивающие прогнозирование рабочих характеристик системы;
- результаты экспериментальных исследований рабочих характеристик КИО в области малых влагосодержаний; -результаты расчетно-теоретических исследований рабочих режимов в АСКВ и рекомендации по конструированию основных элементов таких систем.

На основе полученных результатов сформулировано и обосновано научное положение:

– открытая абсорбционная система (предварительное осушение воздуха, испарительное охлаждение, солнечная регенерация абсорбента), интегрирующая косвенно-испарительный воздухоохладитель, эффективно обеспечивает получение комфортных параметров в области влагосодержаний, характерных для жаркого и влажного климата, при низкой относительной влажности в помещении; для условий жаркого и сухого климата оптимально не прямое испарительное охлаждение без предварительного осушения воздуха.

Обоснованность рекомендаций и научных положений обеспечивается использованием отработанной методики экспериментального исследования процессов КИО, применением современной аппаратуры, удовлетворительным согласованием результатов расчетных и экспериментальных исследований.

Практическая ценность: получен обширный расчетный и опытный материал, разработаны основы конструирования всех основных элементов АСКВ.

Апробация работы: основные результаты исследования докладывались на: Internenational Conference. “Research, Design and Construction of Refrigeration and Air Conditioning Equipments in Eastern European Countries”, Bucharest, Romania.

Публикации: по теме диссертации опубликован один доклад в трудах международной конференции.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников и содержит 139 стр. текста, 5 таблиц и 47 рисунков. Библиография - 91 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлены:

- анализ современных тенденций развития СКВ с учетом проблем энергосбережения и озонобезопасности, а также современных требований к качеству комфорта;
- Обзор работ по использованию непрямого испарительного охлаждения в СКВ с учетом климатических ограничений по применимости;
- Анализ теоретических и экспериментальных исследований открытых сорбционных систем для СКВ с использованием жидких либо твердых сорбентов и солнечной энергии;
- Анализ схемных решений АСКВ, аппаратурного оформления, экспериментальных и теоретических методов исследования.

На основе выполненного анализа сделаны выводы и сформулированы задачи исследования:

- Разработка новых принципиальных схемных решений АСКВ, интегрирующих косвенно-испарительный воздухоохладитель и гелиосистему;
- Создание методики расчетно-теоретического исследования АСКВ на основе открытого абсорбционного цикла. Проведение исследований и получение расчетных прогнозиционных характеристик АСКВ с учетом изменяющихся климатических и производственных параметров;
- Экспериментальное исследование характеристик КИО применительно к новым условиям эксплуатации в АСКВ.
- Разработка практических рекомендаций по конструированию АСКВ и теплообменной аппаратуры для таких систем.

Вторая и третья главы работы посвящены теоретическому и экспериментальному исследованиям АСКВ на основе открытого аб-

сорбционного цикла и косвенно-испарительных воздухоохладителей для таких систем.

Проблемы, свойственные парокомпрессионной холодильной технике и связанные с разработкой озононеразрушающих рабочих тел, вызвали значительный и все возрастающий интерес к возможностям открытых абсорбционных систем, работоспособных при исключительно малых перепадах температур и использующих, в качестве греющего источника, низкопотенциальное тепло, природный газ либо солнечную энергию. Схемные решения, конфигурация и назначение таких систем чрезвычайно разнообразны, как и перечень рабочих веществ (твердые и жидкие сорбенты). Открытый цикл может лежать в основе нового поколения холодильных, теплонасосных и кондиционирующих систем, базирующегося целиком на использовании возобновляемых источников энергии, таких как психрометрическая разность температур и солнечная. Количество работ, посвященных изучению возможностей открытого ОИР-цикла чрезвычайно многочисленно и непрерывно возрастает. В качестве основных элементов схемы включают абсорбер (адсорбер), где осушается воздушный поток, испарительный охладитель прямого либо непрямого испарительного типов и десорбер (регенератор) прямого либо непрямого типов, а также систему теплообменников, необходимость в которых обусловлена малыми температурными градиентами. Для организации непрерывного процесса, в случае применения твердых сорбентов, используют либо переключающиеся адсорберы, либо вращающиеся с определенной скоростью барабаны, секции которых заполнены адсорбентом при непрерывной и одновременной прокачке через различные секторы барабана осушаемого и регенерирующего потоков воздуха. Адсорбер характеризуется малыми габаритами и высокими характеристиками, но обладает большим сопротивлением движению теплоносителей и требует более высоких температур

регенерации. В этом смысле использование жидких сорбентов более предпочтительно. В качестве испарительных охладителей перспективно использование аппаратов непрямого испарительного типа. Безусловный интерес представляет возможность использования солнечной энергии в качестве греющего источника.

На рис. 1 приведены варианты разработанных схем альтернативных СКВ (АСКВ) на основе открытого абсорбционного цикла и солнечной регенерации абсорбента (CaCl_2). Здесь в практическом смысле может использоваться гелиосистема с плоскими солнечными коллекторами (СК) (непрямая регенерация, рис. 1. Б), т.е. самый дешевый и надежный тип гелиосистемы, разработанный и освоенный в ОГАХ - НПФ НТ для горячего водоснабжения и включающий, в зависимости от требуемой мощности и конфигурации, необходимое количество СК и бак-теплоаккумулятор 10. В качестве основных элементов схемы включают абсорбер 2 (осушитель воздуха); десорбер 4, 5, предназначенный для прямой (рис. 1.А) либо непрямой регенерации абсорбента; косвенно-испарительный охладитель 1 и систему регенеративных теплообменников 7, 8, 9, необходимость в которых продиктована малыми располагаемыми температурными напорами. В схему включается вентиляторная градирня 3 в сопряжении с ТОО(8), охлаждающая абсорбент. Для этой цели может использоваться отбросный холодный вспомогательный поток из КИО, либо абсорбер с внутренним испарительным охлаждением (рис. 1.В). Это обеспечивает высокую эффективность абсорбции (в несколько раз выше в сравнении с обычным абсорбером), позволяя уменьшить расход абсорбента, снизить затраты на его регенерацию и повысить общий к.п.д. системы на 30-35%. В качестве КИО используется разработанный в ОГАХ аппарат непрямого испарительного охлаждения. Для обеспечения собственных нужд в электроэнергии (насосы, вентиляторы) также может использоваться солнечная энергия

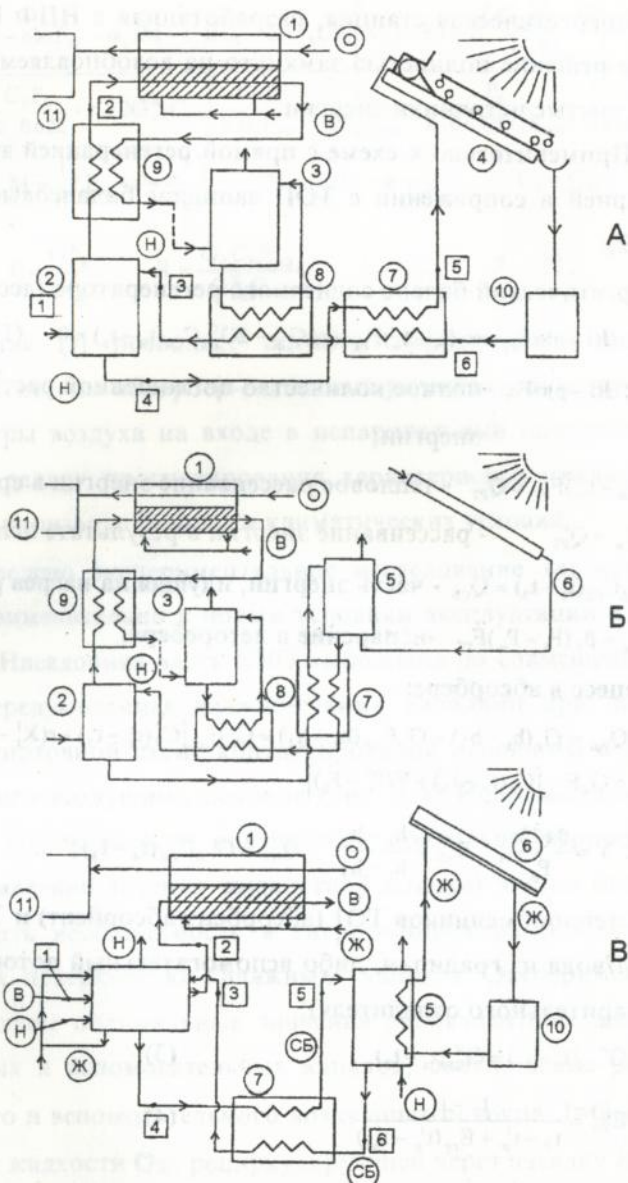


Рис. 1. Варианты разработанных схем альтернативных СКВ (ACKB) на основе открытого абсорбционного цикла и солнечной регенерации абсорбента. А - ACKB с прямой регенерацией сорбента; Б - с непрямой регенерацией; В - с абсорбером с внутренним испарительным охлаждением. Обозначения: 1- косвенно-испарительный охладитель; 2- абсорбер; 3- градирня; 4- солнечный регенератор; 5- десорбер; 6- гелиосистема; 7, 8, 9- теплообменники; 10- емкость; 11- помещение; О В - основной и вспомогательный воздушные потоки; Н - наружный воздух; Ж - жидкость; 1, 2, ..., 6 - параметры потоков.

(фотоэнергетическая станция, разработанная в НПФ НТ). В этом случае решение полностью замкнуто на возобновляемые экологически чистые источники энергии.

Применительно к схеме с прямой регенерацией абсорбента и градирней в сопряжении с ТОП запишем балансовые уравнения (рис. 2):

– энергетический баланс солнечного регенератора (десорбера):

$$J(1-\rho)\alpha F_{PT} - \alpha_r(t_6 - t_\infty)F_{PT} - r\Delta G_{ж} - 2G_{CB}^C C_{CB}(t_6 - t_3) = 0 \quad (1),$$

где: $J(1-\rho)\alpha F_{PT}$ - полное количество поглощенной раствором энергии;

$\alpha_r(t_6 - t_\infty)F_{PT} = Q_{PT}^I$ - тепловое рассеивание энергии в среду;

$r\Delta G_{ж} = Q_{PT}^S$ - рассеивание энергии в результате испарения;

$2G_{CB}^C C_{CB}(t_6 - t_3) = Q_{CB}$ - часть энергии, идущая на нагрев раствора

$\Delta G_{ж} = \beta_p(P_6 - P_\infty)F_{PT}$ - испарение в десорбере;

– процесс в абсорбере:

$$\begin{aligned} Q_{AB} &= G_r(h_1 - h_2) = G_r E_{AB}(h_1 - h_3) = G_r E_{AB} [C_p(t_r^I - t_3) + r(X_r^I - X_3)] = \\ &= G_r E_{AB} [C_p(t_r^I - t_3) + Y(P_r^I - P_3)] \end{aligned} \quad (2),$$

– где: $Y = \frac{0.622r}{P_6}$; $E_{AB} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3}$; $Q_{AB} = G_{CB} C_{CB}(t_4 - t_3)$;

– для теплообменников ТОI (абсорбент/абсорбент) и ТОII (абсорбент/вода из градирни, либо вспомогательный поток воздуха из испарительного охладителя):

$$G_{CB}^C(t_5 - t_4) = G_{CB}^K(t_6 - t_7) \quad (3),$$

$$E_{TO}^{II} = \frac{t_7 - t_3}{t_7 - t_x^I + E_{TP}(t_x^I - t_M^I)} \quad (4),$$

где: $E_{TP} = \frac{t_x^I - t_x^2}{t_x^I - t_M^I}$. Далее, с учетом эмпирического соотношения

Льюиса $\frac{\alpha_r}{\beta_p} \cong C_p \left(\frac{\alpha_r}{\beta_p} \cong \frac{C_p P_6}{0.622} \right)$ и уравнения $P_{CB} = a + bt_{CB} + \frac{C}{C_{CB}}$, где a, b, c

(a' , b' и c') - постоянные для выбранного абсорбента, получим:

$$\Delta G_{\text{ж}} = \frac{J(1-\rho)\alpha F_{\text{PT}} - \alpha_r(M - t_1^1)F_{\text{PT}} - 2G_{\text{CB}}^{\text{K}}C_{\text{CB}} \left[M(1-E) + E \left(\frac{E_{\text{TO}}^1 t_{\text{ж}}^1 - N}{1 - E_{\text{TO}}^1} \right) - R(t_1^1 - N) - N \right]}{\frac{C_p P_b}{b' \cdot 0.622} + \gamma + 2G_{\text{CB}}^{\text{K}}C_{\text{CB}} \left[\frac{1-E}{b'\beta_p F_{\text{PT}}} - \frac{\gamma}{G_{\text{CB}}^{\text{K}}C_{\text{CB}}} + \frac{P_b}{b \cdot 0.622 G_{\text{r}} E_{\text{AB}}} - \left(\frac{E}{1 - E_{\text{TO}}^1} - R + 1 \right) \right]} \quad (5)$$

где: $M = \frac{1}{b'} \left(P_{\infty} - a' - \frac{C}{C_3} \right); \quad N = \frac{1}{b} \left(P_1^1 - a - \frac{C}{C_3} \right); \quad C_3 = C_6;$

$$E = \frac{G_{\text{CB}}^{\text{K}}}{G_{\text{CB}}^{\text{C}}}; \quad R = \frac{G_{\text{r}} C_p E_{\text{AB}}}{G_{\text{CB}}^{\text{K}} C_{\text{CB}}}; \quad t_{\infty} = t_1^1; \quad P_{\infty} = P_1^1.$$

Уравнение (5) позволяет оценить эффективность осушения (работу системы абсорбер-солнечный регенератор) и определить параметры воздуха на входе в испарительный охладитель, т.е. решить задачу прогнозирования характеристик цикла для заданных производственных и климатических условий.

Проведено экспериментальное исследование характеристик КИО применительно к новым условиям эксплуатации в составе АСКВ. Насадочная часть КИО выполнена по совмещенной схеме с чередующимися влажно-сухими каналами при принятой поперечноточной схеме контактирования основного и вспомогательного воздушных потоков (рис. 3.А) Использование регулярной шероховатости поверхности продольноффрированных (в направлении течения жидкостной пленки) листов позволило исключить необходимость в гигроскопических покрытиях на боковых поверхностях "влажных" каналов. Экспериментально установлены оптимальные значения эквивалентных диаметров основных и вспомогательных каналов, соотношение расходов основного и вспомогательного воздушных потоков $1 = G_0/G_b \cong 1.0$ и расхода жидкости $G_{\text{ж}}$, рециркулирующей через насадку КИО.

Расчеты по выражению (5) выполнены на 1 м^2 поверхности регенератора (СК) - $F_{\text{PT}} = 1.0 \text{ м}^2$ - для диапазонов значений (рис. 4): $J = 2000-3500 \text{ кДж}/(\text{чм}^2)$ (характеристики гелиосистемы взяты при скорости ветра 5 м/с), $C_{\text{CB}} = 40 - 80\% \text{ CaCl}_2$, $t_1^1 = 20-40 \text{ }^\circ\text{C}$,

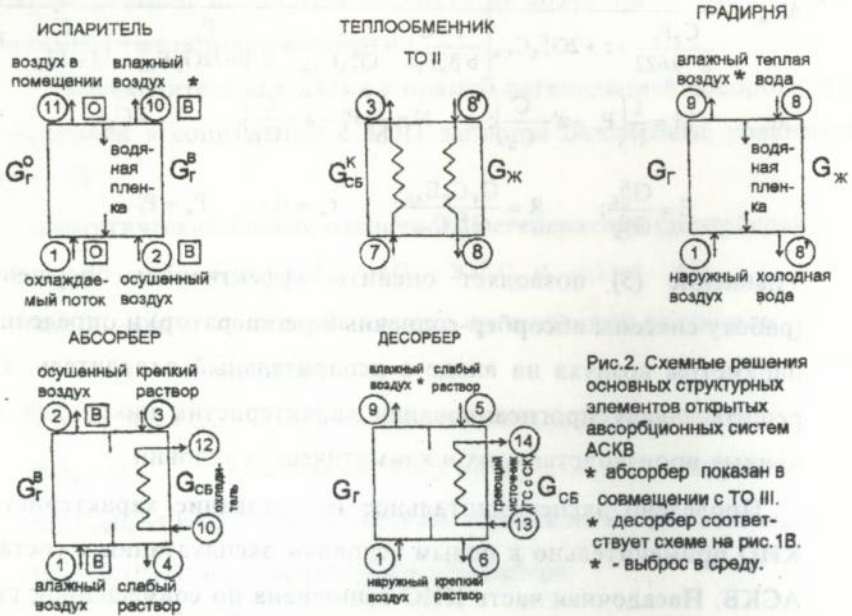


Рис.2. Схемные решения основных структурных элементов открытых абсорбционных систем АСКВ

* абсорбер показан в совмещении с ТО III.
 * десорбер соответствует схеме на рис.1В.
 * - выброс в среду.

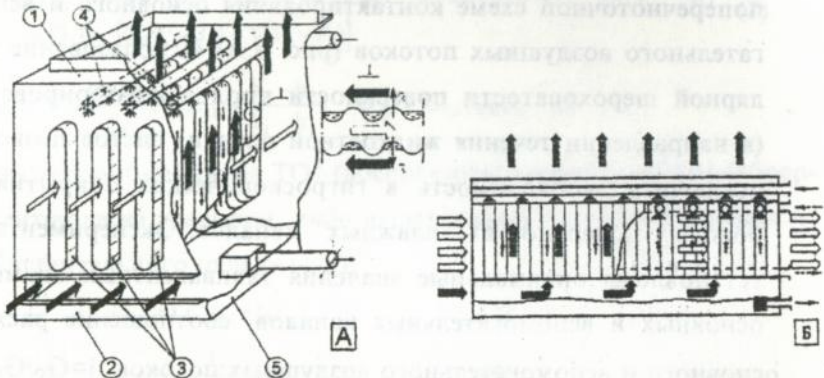


Рис.3. Компоненная схема косвенно-испарительного воздухоохлаждителя, А (1- корпус, 2 - емкость для воды, 3- галетные насадки, 4 - распределитель, 5 - вода) и абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, Б (\Rightarrow - основной поток воздуха, \blackrightarrow - вспомогательный поток, \rightarrow - вода, \dashrightarrow - абсорбент).

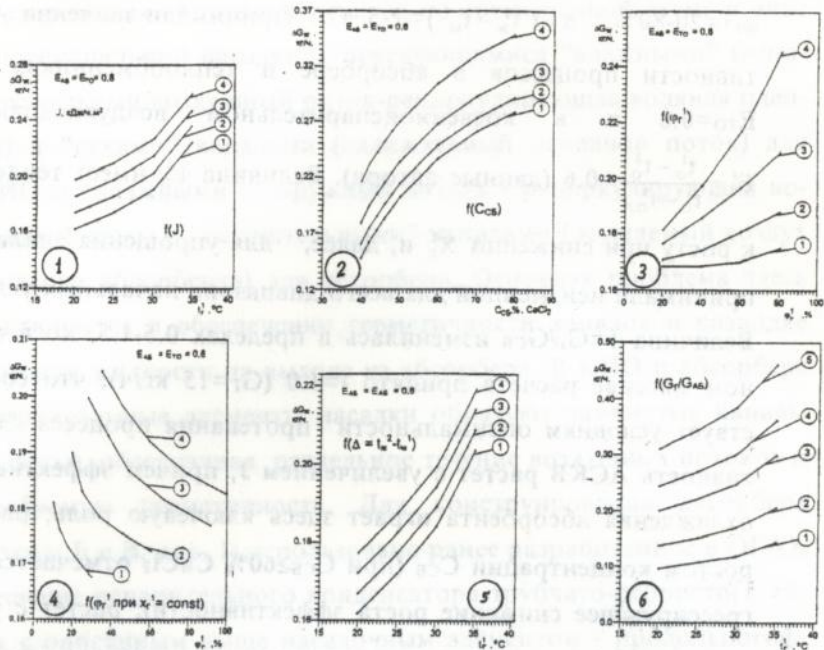


Рис. 4. Влияние основных исходных параметров на характеристики системы (прогнозионные расчеты по уравнению 5). Обозначения на рисунках: 1 - линии 1-4 соответствуют значениям $J = 2000, 2500, 3000, 3500$ кДж/ч.м²; 2-1-4 $\rightarrow t_1^1 = 20, 25, 30, 35^\circ\text{C}$; 3- аналогично; 4- 1-4 $\rightarrow P_{\text{r}}^1 = 5, 10, 15, 17.5$ мм Hg; 5- 1-4 $\rightarrow \Delta = 5, 4, 3, 2^\circ\text{C}$; 6- 1-5 $\rightarrow l = 0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5$; неизменными в расчетах являлись значения величин: $J = 2500$ кДж/ч.м²; $C_{\text{CaCl}_2} = 45\%$ CaCl₂; $\phi_{\text{r}}^1 = 80\%$; $\Delta = 3^\circ\text{C}$; $l = 1.5$; для рис. 6. значение расхода абсорбента 10 кг/ч.

аппаратов, в которых в качестве основных элементов насадки используется продольно гофрированный (в направлении течения жидкостной пленки) лист насадки с нанесенной на его поверхность регулярной шероховатостью (метод интенсификации). При этом создается струйно-пленочный режим течения жидкости (во впадинах гофрировки) и влажно-сухой режим контактирования потоков газа и жидкости, что минимизирует энергозатраты и потерю жидкости. Для косвенно-испарительного воздухоохладителя (рис. 3.А) и абсорбера с внутренним испарительным охлаждением (рис. 3.Б) принята общая идеология кон-

$\phi_{\Gamma}^1 = 20-80\%$, $\Delta = (t_{\text{ж}}^2 - t_{\text{м}}^1) = 2-5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Принимали значения эффективности процессов в абсорбере и теплообменниках $E_{\text{АБ}} = E_{\text{ТО}} = 0.8$ и в косвенноиспарительном воздухоохладителе

$$E_0^1 = \frac{t_0^1 - t_0^2}{t_0^1 - t_{0,\text{P}}^1} = 0.6 \text{ (данные автора)}. \text{ Величина } E_0^1 \text{ имеет тенденцию}$$

к росту при снижении X_{Γ}^1 и, далее, для упрощения анализа, ее принимали неизменной для всего диапазона начальных условий. Величина $l = G_{\Gamma} / G_{\text{СБ}}$ изменилась в пределах 0.5-1.5, но в основном массиве расчета принято $l = 1.0$ ($G_{\Gamma} = 15 \text{ кг/ч}$), что соответствует условиям оптимальности протекания процесса. Эффективность АСКВ растет с увеличением J , причем эффективность охлаждения абсорбента играет здесь ключевую роль; растет с ростом концентрации $C_{\text{СБ}}$ (при $C_{\text{СБ}} \geq 60\% \text{ CaCl}_2$ отмечается прогрессирующее снижение роста эффективности); растет с увеличением ϕ_{Γ}^1 (при $t_{\Gamma}^1 = \text{const}$) и снижается с увеличением ϕ_{Γ}^1 (при $X_{\Gamma}^1 = \text{const}$). Любой путь снижения $t_{\text{АБ}}$ перед абсорбром (градирня, вспомогательный поток воздуха из КИО, внутреннее испарительное охлаждение абсорбера) значительно улучшает его работу. АСКВ обладает высокой эффективностью в области высоких значений t_{Γ}^1 и X_{Γ}^1 (влажный и жаркий климат), где эффективность КИО без предварительного осушения воздуха резко снижается (рис. 4), а в области $X_{\Gamma}^1 \leq 10 \text{ г/кг}$ сухого воздуха вполне достаточным является автономное использование КИО.

Дополнительно АСКВ обеспечивает снижение количества влаги в кондиционируемом помещении.

В четвертой главе приведены основные компоновочные схемы АСКВ с прямой и непрямой солнечной регенерацией абсорбента. Конструктивное оформление всех основных элементов АСКВ унифицировано (абсорбер, десорбер, КИО, градирня): они решены в виде пленочных поперечноточных тепломассообменных

струирования. Аппараты решены по совмещенной схеме в виде многоканальной насадки: с чередующимися “влажными” (вспомогательный воздушный поток-рециркулирующая водяная пленка) и “сухими” каналами (охлаждаемый основной поток) для КИО и “влажными” (наружный воздух - рециркулирующая водяная пленка) и “осушительными” каналами (осушаемый воздух - пленка абсорбента) для абсорбера. Основная проблема здесь заключается в обеспечении герметичности каналов и разводке потоков жидкости на выходе из абсорбера. В КИО и абсорбере разработанные элементы насадки образуют замкнутые каналы (галеты), обеспечивая раздельное течение воздушных потоков и требуемую герметичность. Для конструирования десорбера (схемы Б и В, рис. 1) использовано ранее разработанное в ОГАХ решение испарительного конденсатора трубчато-ребристого типа с описанным выше насадочным элементом - продольногофрированным листом. Поскольку основные элементы схем ранее были освоены в ОГАХ - НПФ НТ для других задач в виде типовых рядов ТМА различной единичной мощности, а опыт эксплуатации гелиосистем с СК (НПФ НТ) различной мощности и модификаций составляет 5 лет, нет принципиальных проблем в практическом освоении разработанных АСКВ. Выполнен технико-экономический анализ новых решений, включающий область предпочтительного использования, сравнительные достоинства и перечень вопросов, требующих дальнейшего решения (выбор рабочих тел с учетом коррозионного воздействия, предотвращение попадания абсорбента в кондиционируемый воздух, возможность снижения концентрации абсорбента и нагрузки на регенератор и др.).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Резкое обострение взаимосвязанных энергетических и экологических проблем, в частности, свойственных парокомпрессионной технике, обусловили высокий интерес к возможностям испарительного охлаждения сред, климатические ограничения применимости последнего в СКВ снимаются переходом к открытому абсорбционному циклу, использующему солнечную энергию.
2. Разработанные схемные решения АСКВ, основанных на открытом абсорбционном цикле, интегрируют косвенно-испарительный охладитель с использованием отбросного холодного вспомогательного воздушного потока в цикле, гелиосистему с плоскими солнечными коллекторами, либо прямую солнечную регенерацию абсорбента, обеспечивая экологическую чистоту и малоэнергоемкость.
3. Разработанная методика моделирования рабочих процессов в АСКВ обеспечивает возможность прогнозирования рабочих характеристик систем с учетом изменяющихся производственных и климатических параметров.
4. Расчеты, выполненные для $F_{PT}=1 \text{ м}^2$ ($J=2000-3500 \text{ кДж/чм}^2$, $C_{CB}=40-80\% \text{ CaCl}_2$, $t_r^I=20-40 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_r^I=20-80\%$, $\Delta=t_x^I-t_m^I=2-5 \text{ }^\circ\text{C}$; $G_r/G_{CB}=0.5-1.5$), позволили выявить качественные тенденции и количественные характеристики АСКВ для широкого диапазона начальных условий. Поскольку цикл работает при малых перепадах температур, резко возрастает роль регенеративного теплообмена и снижения температурного уровня в абсорбере. Последнее обеспечивается использованием градирни, отбросного холодного вспомогательного потока из КИО, либо внутренним испарительным охлаждением абсорбера.
5. Проведено экспериментальное исследование характеристик КИО применительно к новым условиям эксплуатации в АСКВ.

Экспериментально установлены оптимальные значения эквивалентных диаметров основных и вспомогательных каналов и соотношения расходов $l = G_r / G_{сб} \approx 1.0$ для КИО.

6. Показана высокая эффективность АСКВ на основе открытого абсорбционного цикла для условий жаркого и влажного климата; для жаркого и сухого климата оптимальным, с точки зрения эффективности и энергозатрат, является автономное использование КИО, без предварительного осушения воздуха.
7. Разработаны компоновочные решения АСКВ с прямой и непрямой солнечной регенерацией, конструктивное оформление всех основных элементов которых (абсорбер, десорбер, КИО, градирня) унифицировано в виде пленочных поперечноточных ТМА, в качестве основных насадочных элементов которых использован продольногофрированный (в направлении течения жидкостной пленки) лист насадки с регулярной шероховатостью поверхности, а в качестве греющего источника использована гелио система с плоскими коллекторами и баком-теплоаккумулятором.
8. Выполненный технико-экономический анализ позволил определить области предпочтительного использования АСКВ, сравнительные достоинства на фоне традиционных решений и первоочередные задачи разработки и совершенствования таких систем.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. A. Doroshenko, Issa Majed Mohamed, Bahi Meger Ben – Said. Alternative Air – condotining. Proc. Internstional Conference "Research, Desing and Conditioning Equipments in Eastern European Countries". (Meeting of IIR), Bucharest, Romania, September 10 – 13, 1996. p.p. 102 – 108.
2. A. Doroshenko, Issa Majed Mohamed. New Developments of Air – Conditioning. Proc. Sixth Intern. Conference "Heat Transfer and Renewable Sources of Energy", Świnoujście, Poland, 30.08 – 01.09.1996. p.p. 94 – 97.

Условные обозначения

t - температура, °С, К; h - энтальпия, кДж/кг; X - влагосодержание, г/кг сухого воздуха; φ - относительная влажность, %; P - упругость водяных паров, мм Нг; С - концентрация, % CaCl₂; J - инсоляция, кДж/(чм²); ρ, α - отражающая способность абсорбента к солнечной радиации, абсорбционная способность поверхности регенератора; γ - скрытая теплота фазового перехода,

кДж/кг; c_p - теплоемкость, кДж/(кгК); α_g, β_p - коэффициенты тепло- и массоотдачи; G - расход среды, кг/ч; Q - количество тепла, кДж/ч; F - поверхность, m^2 ; E - эффективность процесса.

Індексы

г, ж - газ, жидкость; м, р - мокрый термометр, точка росы; сб - абсорбент; с, к - слабый и крепкий раствор; н - наружный воздух; п, о, в - полный, основной и вспомогательный потоки воздуха в КИО; АСКВ - альтернативная система кондиционирования воздуха; ОИР - открытый абсорбционный цикл (осушение, испарительное охлаждение, регенерация); КИО - косвенно-испарительный воздухоохладитель; ТМА тепломассообменный аппарат; АБ, ДБ - абсорбер, десорбер; РГ - регенератор; ТО - теплообменник; ГР - градирня; РН - регулирующая насадка; ГС, СК - гелиосистема, солнечный коллектор.

АНОТАЦІЯ

Іса Мажед Мохамед. Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.04.03 - холодильна та криогенна техніка, системи кондиціонування. Одеська Державна Академія Холоду. Одеса, 1996.

- В дисертації наведені та обгрунтовані: нові схемні рішення АСКП на основі відкритого абсорбційного циклу (осування повітря, випарююче охолодження, сонячна регенерація абсорбента), інтегруючи процеси непрямого випарюючого охолодження повітря;
- методика моделювання робочих процесів в АСКП, які забезпечують можливість прогнозування характеристик;
- результати експериментального дослідження процесів в НВО в галузі малих вихідних вологовістів повітря;
- прогнозуючи характеристики АСКП і усіх основних елементів таких систем (тепломасообмінна апаратура та геліосистеми).

Захищається наукове положення, що конкретизує галузь кліматичних зон, перспективних для реалізації АСКП і методу непрямо-випарюючого охолодження.

Ключові слова: відкрита абсорбційна система, абсорбент, абсорбер, десорбер, непрямо-випарюючий повітряохолоджувач, геліосистема: сонячний колектор.

SUMMARY Issa Majed Mohamed

The dissertation for the scientific degree of the candidate of technical sciences on speciality 05.04.03 - Refrigeration and cryogenic engineering system of conditioning. Odessa State Academy of Refrigeration. Odessa, 1996.

In the dissertation presented and motivated are:

- new schematic developments of ASAC on the basis of the open absorption cycle (air dehydration, evaporative cooling, solar regeneration of the absorbent), integrating processes of indirect evaporative air cooling;
- method of simulation the working processes in ASAC, ensuring the possibility to predict characteristics;
- results of experimental research for processes in JEC in the range of low initial moisture contents of the air;
- predicted ASAC characteristics illustrating possibilities of such schemes conformably to air-conditioning;
- recommendations for designing ASAC and all the main components of such systems (heat-and-mass transfer equipment and helio systems).

Maintained is the scientific statement concretizing the climatic zones perspective for ASAC realization and the method of indirect evaporative cooling.

Key words: open absorption systems, absorbent, absorber, desorber, indirect evaporative air-cooler, helio systems, solar collector.

г.Одесса, роталпринт ОГАХ. Подписано и печати 25.II.96
Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ 1291-96

438670

