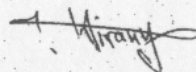


Авторефер
Х24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

Хассан Саді Ібрахім

УДК 536.248.2: 532.529.5



**«БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ СОНЯЧНІ СИСТЕМИ ТЕПЛО-
ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ
ІРАКСЬКОГО КУРДИСТАНУ»**

Спеціальність

05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Дисертація на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в Одеській державній академії холоду Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Дорошенко Олександр Вікторович**, професор кафедри технічної термодинаміки Одеської державної академії холоду Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Мазуренко Антон Станіславович**, завідувач кафедри теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій Одеського національного політехнічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

кандидат технічних наук, доцент **Бошкова Ірина Леонідівна**, доцент кафедри тепломасообміну Одеської державної академії холоду Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Захист дисертації відбудеться «05» квітень 2012 року о 14:30 год. в ауд. 108 на іданні спеціалізованої вченої ради Д.41.087.01 в Одеській державній академії холоду за адресою: вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, 65082, Україна

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ОДАХ за адресою: вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, 65082, Україна

Аннотация розісланий «05» березня 2012 року

менее 1:10000. Электроприводы

Мілованов В.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Взаємозв'язані проблеми енергетики і екології висувають нові вимоги до систем тепло - холодопостачання і кондиціонування повітря, насамперед, зниження енерговитрат і антропогенної дії на довкілля. Як показано в роботі, на основі виконаного аналітичного огляду вітчизняних і зарубіжних наукових і інженерних досліджень останніх років, істотно зріс інтерес до можливостей випарних методів охолодження і створення альтернативних систем на їх основі. Найбільш перспективне включення випарних охолоджувачів до складу осушувально-випарних систем на основі відкритого циклу абсорбції, що дозволяє зняти кліматичні обмеження застосовності випарних методів і істотно поліпшити енергетичні і екологічні показники альтернативних систем у цілому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до законодавчих актів: Постанови Верховної Ради України №75/94-ВР від 1.07.94р., що затвердила "Закон України про енергозбереження", Постанови Кабінету Міністрів України №148 від 5.02.97 р. "Про комплексну державну програму енергозбереження України", Постанови Кабінету Міністрів України №583 від 14.04.99 р. "Про Міжвідомчу комісію із забезпечення виконання Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату", Галузевої науково-технічної програми сталого розвитку побутової техніки в Україні на 2006-2011 роки (наказ Мінпромполітики України від 03. 03. 2006р. № 85).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка фізико-технічних основ удосконалення багатфункціональних сонячних систем осушування повітря, теплохолодопостачання і кондиціонування повітря на основі осушувально-випарних методів і сонячної енергії для підтримки безперервності циклу. Для її досягнення вирішувалися наступні **завдання**: – розробка схемних рішень осушувально-випарних охолоджувачів з непрямою регенерацією абсорбенту і тепломасообмінних апаратів осушувальної апаратури (абсорбера-осушувача, десорбера-регенератора, випарних охолоджувачів газів і рідин) на основі єдиного двох'ярусного (трестінного) моноблока з багатоканальних полікарбонатних плит, що забезпечує мінімізацію енерговитрат; – моделювання робочих процесів в основних елементах осушувального і охолоджувального контурів сонячних систем і проведення експериментального дослідження альтернативних систем: сонячних полімерних колекторів вдосконаленої конструкції і випарних охолоджувачів; – отримання, на основі виконаного циклу теоретичних і експериментальних робіт, залежностей і рекомендацій, які забезпечують розрахунок і конструювання таких систем для кліматичних умов іракського Курдистану.

Об'єктом дослідження є сонячні багатфункціональні системи БСС кондиціонування повітря і теплохолодопостачання для кліматичних умов іракського Курдистану. **Предметом** дослідження є процеси тепломасообміну в основних елементах альтернативних систем.

Методи дослідження: теоретичне вивчення, експериментальне дослідження на натурних зразках полімерних сонячних колекторів і тепломасообмінних апаратів.

Наукова новизна роботи визначається наступними результатами: 1. Виконано дослідження кліматичних умов різних регіонів Іракського Курдистану і складена

карта розподілу інсоляції по території країни, яка дозволяють укласти, що вся територія Курдистану придатна для розвитку сонячного теплохолодопостачання і кондиціонування повітря; вивчено кліматичні умови Курдистану (розподіл інтенсивності сонячного випромінювання, зміна температури повітря, швидкості вітру, коефіцієнтів хмарності і ін.); виконана оптимізація кута установки СК для умов Курдистану і встановлено, що максимальний рівень сонячної радіації досягається при куті 25 – 28 град., відповідно, для півночі і півдня країни;

2. Показано, що для створення сонячних холодильних і кондиціюючих систем перспективне використання циклу абсорбції відкритого типу з непрямою регенерацією абсорбенту, що полягає в попередньому осушуванні повітря і подальшому його використанні для випарного охолодження води або термовологісної обробки повітряних потоків; розроблено схемні рішення для багатофункціональних сонячних систем БСС і показано, що такі системи можуть ґрунтуватися тільки на використанні сонячної енергії, або на домінуючій частці альтернативного джерела;

3. На основі раніше отриманих результатів в ОДАХ розроблений новий принцип створення СК/П на основі полімерних моноблокових двох'ярусних структур; перехід на моноблокову полімерну композицію СК/П забезпечує зниження рівня теплових втрат, так що ефективність виявляється достатньо близькою до ефективності СК/П з повітряним зазором; перехід від чотиристінної до трістінної моноблокової композиції забезпечує істотне зниження рівня теплових втрат;

4. Розроблено принципи конструювання уніфікованої тепломасообмінної апаратури для альтернативних систем (абсорбера-осушувача, десорбера-регенератора, випарних охолоджувачів води і повітря) з використанням багатоканальних багатопарових полімерних структур; як основний елемент насадки ТМА використовується двох'ярусний моноблок з багатоканальних полімерних плит з додатковою стінкою для перемішування контактуючих потоків і інтенсифікації процесів тепломасообміну;

5. Виконано моделювання процесів спільного тепломасообміну при випарно-му охолодженні води з урахуванням реальних уявлень про фазові термічні опори, величинах поверхні тепло- і масообміну і відхиленні величини співвідношення Льюїса від набутого значення, визначуваного відомою аналогією процесів перенесення теплоти і маси в єдиній системі координат; запропонований розрахунковий метод визначення стану повітряного потоку по висоті і об'єму насадки випарних охолоджувачів, що дозволяє встановити можливість небажаного повного насичення вологою газового потоку ще до виходу з насадки апарату, для вживання заходів по запобіганню різкому зниженню ефективності процесу;

6. Проаналізовано умови, при яких зростає небезпека реконденсації, що особливо важливе для апаратів плівкового типу з високою щільністю шару насадки з полімерних матеріалів (високою компактністю багатоканальної багатопарової насадки); відмічено, що небезпека реконденсації зростає для умов, коли характеристичне число $\Lambda < 1.0$, а також при високих значеннях початкової температури рідини ($t_{ж}^1 > 40^\circ\text{C}$), посилюючись при зростанні відмінності у початкових температурах води і повітря; цими рекомендаціями слід користуватися при проектуванні реальних випарних охолоджувачів газів і рідин;

7. Показано, що альтернативна система БСС приводить до меншого виснаження природних ресурсів (у тому числі, енергоресурсів), ніж традиційна система, заснована на парокompресійному принципі, що говорить про її більшу енергетичну ефективність; вона вносить менший внесок до глобальної зміни клімату; найбільша дія на навколишнє середовище призводиться під час експлуатації системи, причому найбільший вплив в цей період пов'язаний з енергоспоживанням СКП.

Достовірність наукових положень і результатів підтверджуються результатами експериментально-розрахункових досліджень і хорошим якісним і кількісним узгодженням отриманих результатів з існуючими даними.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці рекомендацій за розрахунком і конструюванням сонячних систем БСС. Матеріали дисертаційного дослідження використовуються в учбовому процесі на кафедрах ОДАХ у курсах лекцій і практичних занять з нетрадиційної енергетики у 2010-2011 роках.

Особистий вклад здобувача. Особисто здобувачем розроблено схемні рішення альтернативних систем і апаратів для них (моноблокових полімерних сонячних колекторів СК/П, абсорберів, випарних охолоджувачів), проведено цикл експериментально-розрахункових досліджень; виконаний аналіз і узагальнення отриманих результатів.

Апробація результатів дисертації проводилася на IV Всеукраїнському науково-технічному семінарі, ДОНДУЕТ ім. Туган-Барановського «Удосконалення малої холодопотехніки і забезпечування нею технологічних процесів», (Донецьк 2010); на I міжнародній науково-технічній конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв, 2010.

Публікації. Основні наукові і прикладні результати автора представлені у 5 публікаціях в науково-технічних фахових журналах і 2 доповідях на міжнародних і науково-технічних конференціях.

Об'єм і структура дисертації. Дисертація викладена на 227 сторінках друкованого тексту, містить 79 сторінок з малюнками і таблицями, і складається із вступу, п'яти основних розділів, основних висновків і списку літератури із 208 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі і першому розділі роботи **відображено** актуальність проблеми, виконано аналітичний огляд, що характеризує полягання досліджень у світі в даній області і, як перспективний напрям розвитку сонячної енергетики іракського Курдистану виділені багатофункціональні сонячні системи БСС осушувально-випарного типу з непрямою регенерацією абсорбенту, сформульовано цілі і завдання дослідження в теоретичній, експериментальній і прикладній частинах; виявлено і сформульовано наукова новизна і основні результати роботи і визначена її практична цінність.

Другий розділ присвячений розробці схемних рішень сонячних багатофункціональних систем БСС теплохолодопостачання і кондиціонування повітря (СХС і ССКП) осушувально-випарного типу з непрямою регенерацією абсорбенту; розробці сонячних колекторів (СК) і тепломасообмінної апаратури (ТМА) для БСС, а також вибору робочого тіла для осушувального контуру системи.

Виконано дослідження кліматичних умов різних регіонів Іракського Курдистану (розподіл інтенсивності сонячного випромінювання, зміна температури повітря, швидкості вітру, коефіцієнта хмарності) і складена карта розподілу інсоляції по території країни, яка дозволяє укласти, що вся її територія придатна для розвитку сонячного теплохолодопостачання і кондиціювання повітря. Встановлено, що максимальний рівень сонячної радіації досягається при куті 25 – 28 град., відповідно, для півночі і півдня Курдистану. Показано, що для створення БСС перспективне використання циклу абсорбції відкритого типу з непрямою регенерацією абсорбенту, що полягає в попередньому осушуванні повітря і подальшому його використанні для випарного охолодження води (СХС) або термовологісної обробки повітряних потоків (ССКП). Розроблено схемні рішення для багатофункціональних сонячних систем БСС і показано, що такі системи можуть ґрунтуватися тільки на використанні сонячної енергії, або на домінуючій альтернативного джерела.

Аналітичний огляд в області сонячних холодильних систем дозволив виділити, як перспективний напрям розробок БСС, наступні принципи: сонячні системи абсорбції з використанням рідких розчинів абсорбентів, що забезпечують просте рішення для підтримки безперервності циклу і мінімізацію енерговитрат на організацію руху теплоносіїв; сонячні системи з непрямою регенерацією абсорбенту; розробку сонячного колектора на основі полімерних багатоярусних і багатоканальних плит для забезпечення процесу регенерації абсорбенту; широке використання полімерних матеріалів у конструкції усіх основних елементів систем, в СК і ТМА осушувального і охолоджувального контурів БСС. Основними елементами ССКП і СХС є сонячні колектори, абсорбери-осушувачі повітря АБР, десорбери-регенератори ДБР і випарні охолоджувачі повітря і води (випарні охолоджувачі повітря прямого типу ПВО і градирні ГРД, відповідно).

Схеми включають (рис. 1) два основні блоки: блок попереднього осушування повітря, що включає абсорбер-осушувач 1 і десорбер-регенератор 3, що забезпечують безперервність циклу осушення повітря і регенерації абсорбенту, геліосистему з необхідного числа сонячних колекторів СК/П (10), бак-теплоаккумулятор 12 і теплообмінники 4 (внутрішня рекуперація тепла «слабкого» холодного і «міцного» гарячого розчинів абсорбенту) і 5 (охолодження міцного розчину абсорбенту перед його надходженням в абсорбер; у схемі охолодження використовується «технологічна» градирня 6А); блок випарного охолодження у випарному охолоджувачі прямого типу ПВО (2), або «продуктовій» градирні ГРД/пр (6Б). Охолодження абсорбера, в якому у процесі поглинання вологи з осушеного повітря, виділяється тепло, забезпечує наближення до ізотермічності процесу абсорбції і підвищує ефективність процесу. У схемі охолодження абсорбера може використовуватися винесений теплообмінник, або це може бути спеціальний водоохолоджуваний абсорбер, в якому теплообмінник розташований безпосередньо в об'ємі насадки (рис. 5С). Охолоджувальний блок ССКП включає випарний повітроохолоджувач ПВО (2), або градирню ГРД/пр. Повітряний потік (зовнішнє повітря), при осушуванні в абсорбері 1, знижує вологовміст x_2 і температуру точки роси $t_{тр}$, що забезпечує значний потенціал подальшого охолодження у випарному охолоджувачі.

Особливий інтерес для систем охолодження СХС і кондиціювання повітря ССКП представляють схеми, де як випарний охолоджувач додатково

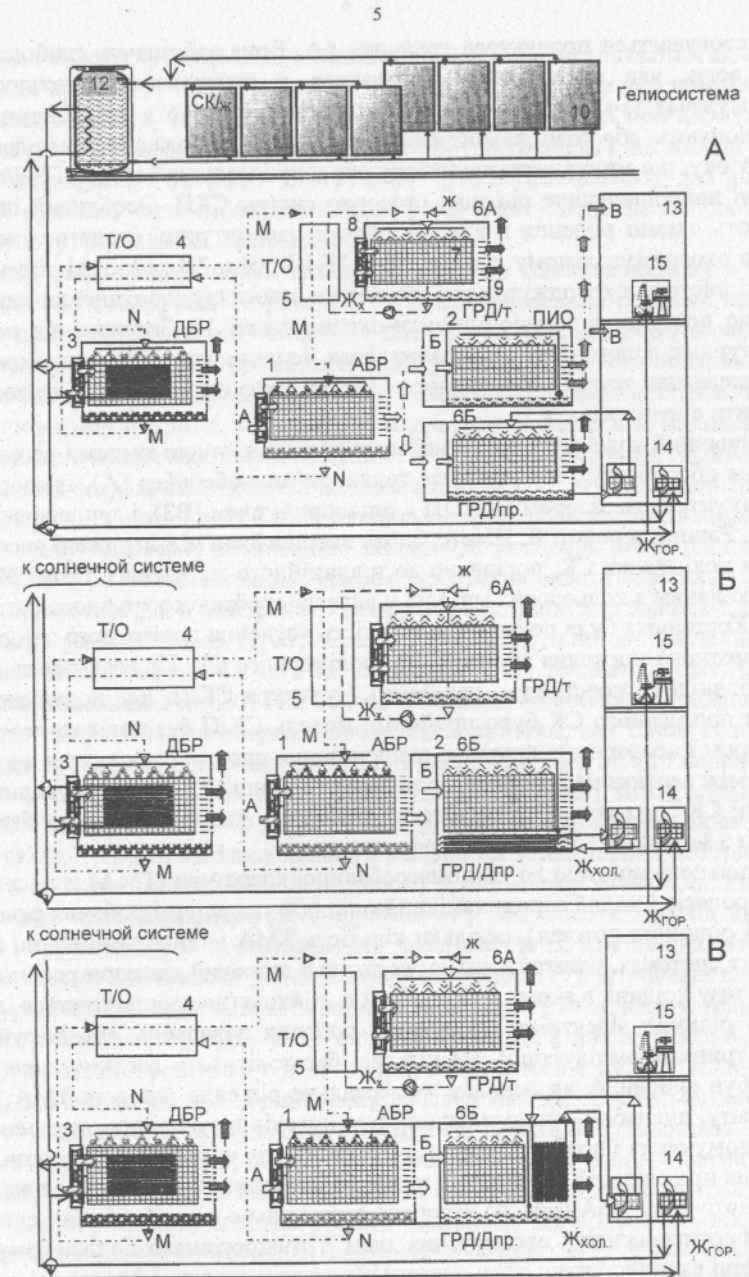


Рис. 1. Принципова схема сонячної системи кондиціювання повітря. Позначення: 1 – абсорбер; 2 – випарний охолоджувач; 3 – десорбер; 4, 5 – теплообмінники; 6 – градирня; 7 – насадка ТМА; 8 – вентилятор; 9 – краплевідділювач; 10 – СК; 12 – бак-теплоаккумулятор; 13 – приміщення; 14 – водо-повітряний теплообмінник.

використовується продуктова градириня 6А. Вона забезпечує глибоке охолодження води, яка може використовуватися у вентильованих теплообмінниках-охолоджувачах (14), що встановлюються безпосередньо в приміщеннях (13), що кондиціонують, або холодильних камерах. Одночасна подача в приміщенні повітряного потоку, що минув термовологісну обробку і холодної води з ГРН/пр (рис. 1А) сьогодні найпоширеніше рішення стосовно систем СКП. Особливий інтерес представляють схемні рішення з використанням двоконтурної (волого-сухої) градири ГРД/д в охолоджувальному контурі (рис. 1Б і В; рис. 7В і Г). Такі рішення роблять відкриті системи охолодження безпечними з погляду забруднення «продуктової» води, що поступає в теплообмінники-охолоджувачі 14. Залежно від пори року, в двоконтурних волого-сухих охолоджувачах теплове навантаження може брати на себе переважно «суха», або «волога» частка охолоджувача, що дозволяє істотно економити енерговитрати.

Сонячний колектор СК/П є найважливішою часткою системи регенерації (відновлення абсорбенту). Він включає теплоприймач-абсорбер (А), прозоре покриття (ПП) з повітряним зазором між ПП і теплоприймачем (ВЗ), і теплоізоляцію дна (З) (рис. 2). Раніше, в роботі К. Шестопалова вперше були підтверджені високі характеристики полімерних СК, порівняно до традиційного металевих СК з абсорбером, виконаним з кольорових металів у вигляді оребреного трубного регістра. У роботі В. Костенюка була показана доцільність усунення повітряного зазору, без будь-якого істотного зниження ефективності полімерного СК. Це дозволяє зменшити висоту і підвищити жорсткість і надійність структури СК/П. Для подальшого вдосконалення полімерного СК було прийнято: модель СК/П без повітряного зазору між абсорбером і прозорим покриттям; використання прозорого покриття з кроком (відстанню між вертикальними перегородками) не менше 25 мм; формування нової модифікації СК/П на основі триярусного моноблоку з полікарбонатних багатоканальних плит з метою підвищення його ефективності.

Спільною вимогою до тепломасообмінної апаратури (ТМА) є: висока інтенсивність процесів і малий аеродинамічний опір при транспорті робочих речовин (повітряних і рідинних потоків), оскільки кількість ТМА і теплообмінників, використовуваних в системах, багаточисельно; достатньо широкий діапазон робочих навантажень по газу і рідині, в якому робота ТМА є стійкою (не спостерігається інтенсивного зносу рідини); відсутність забруднень робочих поверхонь, або їх руйнування в процесі тривалої експлуатації. На підставі багатолітнього досвіду, накопиченого в ОДАХ, був вибраний, як основне універсальне рішення для всіх ТМА, плівковий тип апарату, що забезпечує роздільний рух потоків газу і рідини при малому аеродинамічному опорі і поперечної схемою контакту потоків газу і рідини, найбільш прийнятна при спільній компоновці низки ТМА в єдиному блоці. Насадка плівкових поперечної ТМА (рис. 5) утворена вертикально встановленими елементами у вигляді багатоканальних дволярусних плит з тонкостінного полікарбонату. Плити встановлені еквідистантно один одному і їх канали складної форми розташовані вертикально. Конструктивне оформлення всіх ТМА, що входять у БСС уніфіковано. Принципи оформлення ТМА осушувального контуру БСС аналогічні. Абсорбер відноситься до «холодної» частки контуру, а десорбер до «гарячої», і вони можуть вбудовуватися із вбудованими в насадку апаратів теплообмінниками, що робить блок

осушувальний і охолоджувальний БСС компактнішим. З використовуваних як абсорбенти речовин, з погляду їх теплофізичних властивостей, найбільш перспективними для осушувального контуру БСС є водні розчини бромистого літію, при цьому доцільно використовувати добавки, що знижують корозійну активність і що збільшують розчинність. Це розчини $\text{LiBr} (\text{H}_2\text{O}+\text{LiBr})$ і $\text{LiBr} (\text{H}_2\text{O}+\text{LiBr}+\text{LiNO}_3)$; для досягнення необхідної рушійної сили необхідна концентрація LiBr + повинна складати 60-65% при температурі регенерації абсорбенту 30-60 С.

Третій розділ присвячений вивченню процесів тепломасообміну в осушувальній частині БСС, зокрема, теоретичній і експериментальній розробці перетворювачів сонячної енергії в теплову енергію і аналізу процесів абсорбції-десорбції. При розрахунку сонячного колектора вводяться допущення: потік сонячного випромінювання розподілений рівномірно по пластині колектора; впливом процесів, що протікають в прозорому покритті, нехтуємо; температурний напір між верхньою і нижньою поверхнею прозорого покриття малий і ним можна нехтувати. Можна, на підставі виконаних розрахунків, зробити висновки (рис. 2 і 3): усунення повітряного зазору, зменшуючи висоту і вагу СК, приводить до зростання теплових втрат; перехід на моноблокову полімерну композицію забезпечує зниження рівня теплових втрат до рівня втрат в СК/П з повітряним зазором; зростання висоти верхнього ярусу моноблока, що виконує роль повітряного зазору в традиційній компоновці СК забезпечує зниження рівня теплових втрат; перехід від чотиристінної до тристінної моноблокової композиції забезпечує істотне зниження рівня теплових втрат. Основним прийнятним рішенням був СК/П на основі тристінної моноблокової композиції без повітряного зазору між абсорбером і прозорим покриттям, що, разом із зниженням теплових втрат, забезпечує високу міцність і надійність конструкції колектора в цілому. Для експериментальних досліджень були розроблені і виготовлені наступні варіанти СК/П: варіанти СК/П, з одним, подвійним і потрійним прозорим покриттям у складі єдиного багатоканального моноблока з полімерних матеріалів; варіант СК/П з прозорим покриттям ПП в єдиному триярусному моноблочі. Розміри багатоканальних плит, абсорбера (теплоприймача) і ПП, висоти каналів в ПП були ідентичні і прийняті нами за результатами дослідження В. Костенюка. Стенд оснащений приладами для фіксації рівня сонячної активності (7), вітронавантаження (9), температури і відносної вологості зовнішнього повітря, і комплектом термодатчиків, що забезпечує виміри температур у баку-теплоаккумуляторі, а також на вході і виході з СК. Стенд дозволяв проводити прямі натурні випробування СК/П у відкритому середовищі, індивідуальні, або порівняльні, оскільки мав дві паралельні ідентичні лінії. Випробування СК проводилися при природній циркуляції теплоносія. Випробування були проведені в літній період 2010 і, частково, 2011 років. Отримані результати приведені на рис. 4 у вигляді залежності ефективності процесу трансформації сонячної енергії у теплову енергію рідкого теплоносія від приведеної температури. Можна зробити висновки: усунення повітряного зазору, зменшуючи висоту і вагу СК, призводить до зростання теплових втрат, але перехід на моноблокову полімерну композицію СК/П у свою чергу забезпечує зниження рівня теплових втрат, так що ефективність виявляється достатньо близькою до ефективності СК/П з повітряним зазором; розроблена модифікація полімерного СК/П на основі триярусного моноблока з полікарбонатних багатоканальних плит забезпечує істотне зниження рівня

теплових втрат і зростання ефективності перетворення сонячної енергії; вплив числа ПП в структурі єдиного моноблоку представлений для одно-, двух- і тришарового прозорого покриття в структурі єдиного моноблоку СК/П; як і очікувалося, це приводить до послідовного зростання ефективності перетворення сонячної енергії, при, природно, зростанні вартості, габаритів і ваги СК, і вибір рішення лежить в області інженерної доцільності. Отриманий результат, що стосується використання моноблокових структур в цілому достатньо близький до даних роботи Ghoneim A.A., Performance optimization of solar collector equipped with different arrangements of Square-celled honeycomb. Int. J. of Thermal Science. 44 (2005) p. 95-105, для полімерного колектора із стільниковою вставкою в повітряному зорі.

Четвертий розділ присвячений теоретичному і експериментальному вивченню процесів спільного тепломасообміну у випарних охолоджувачах. Грунтуючись на аналогії тепло- і масообмінних процесів отримано рівняння аддитивності фазових опорів, що зв'язує спільний термічний опір в системі R_{Σ} з термічним опором повітряної R_g і водяний R_w фаз. Переважний вплив опору газової або рідинної плівки визначається залежно від розчинності газу в рідині. Завдання вирішувалося з урахуванням термічного опору рідині, тобто $R_w \neq 0$. Розрахунок полягає у виборі величини співвідношення інтенсивності процесів перенесення на стороні рідинної і газової фаз $\alpha_{ж}/\beta_h$, знаходженні параметрів контактуючих потоків і перевірці виконання умови $t_g^{2(расч)} = t_g^{2(эксп)}$. Запропонований розрахунковий метод забезпечує розрахунок кінетичних характеристик (рушійних сил і коефіцієнтів обміну у фазах), на основі яких можна конкретизувати вибір напряму інтенсифікації процесів при розробці структури поверхні і визначенні оптимальних режимних параметрів. Експериментальний стенд забезпечував можливість вивчення процесів у випарному охолоджувачі води (градирня, ГРД) і повітроохолоджувачі ПВО. Встановлено, що лінія зміни стану повітряного потоку $h_r = f(t_r)$ завжди криволінійна, причому її кривизна визначається початковими параметрами води і повітря на вході в охолоджувач і величиною співвідношення витрат контактуючих потоків (рис.6). Для випадку, коли $\Lambda < 1.0$ лінія зміни стану повітряного потоку $h_r = f(t_r)$ впритул наближається до лінії повного насичення повітря $\phi = 100\%$. Оскільки експериментально вдається визначити тільки параметри повітря на виході з модуля, то завжди залишається неясним, де по висоті модуля реально сталося повне насичення повітряного потоку. Це важливо, оскільки подальший контакт повністю насиченого повітря з водою може приводити до реконденсації і зниження ефективності процесу. Розроблена розрахункова процедура дозволяє виявити небезпеку повного насичення повітря і виробити рекомендації для проєктування градирен, що виключають небезпеку явища реконденсації. На рис. 6А приведені експериментальні результати дослідження процесів у градирні у вигляді ефективності охолодження води і ступеня використання повітряного потоку.

Як природну межу охолодження води у градирні прийнято розглядати температуру повітря по мокрому термометру на вході в апарат t_m^1 . На виході з апарату, як граничний, розглядають стан насиченого повітря, який має температуру води t_w^* , що поступає на охолодження (повітря з ентальпією h_r^{2*}). Ефективність охолодження води у градирні ступінь використання повітря в апараті можна характеризувати величинами:

$$E_{ж} = \frac{(t_{ж}^1 - t_{ж}^2)}{(t_{ж}^1 - t_m^1)}, \quad E_r = \frac{(h_r^2 - h_r^1)}{(h_r^{2*} - h_r^1)},$$

$$E_{ж} = f(l = G_r / G_{ж}, t_{ж}^1, t_m^1) \text{ и } E_r = f(l = G_r / G_{ж}, t_{ж}^1, t_m^1),$$

$$l = G_r / G_{ж}^1 = \frac{c_{ж}(t_{ж}^1 - t_{ж}^2)}{(h_r^2 - h_r^1) - c_{ж}t_{ж}^2(x_r^2 - x_r^1)},$$

$$l_{ид} = (G_r / G_{ж}^1)_{ид} = \frac{c_{ж}(t_{ж}^1 - t_m^2)}{(h_r^{2*} - h_r^1) - c_{ж}t_m^2(x_r^{0*} - x_r^1)},$$

$$\Lambda = l / l_{ид},$$

где: $l_{ид}$ – відносна мінімальна витрата повітря (для моделі «ідеальної» градирні ($F = \infty$), якій відповідає термодинамічна рівновага на обох кінцях апарату); Λ - характеристичне число. При цьому

$$E_{г пред} = \lim_{F \rightarrow \infty} E_r = 1.0, \text{ при } \Lambda \leq 1.0; \quad E_{г пред} = \lim_{F \rightarrow \infty} E_r \cong 1/\Lambda, \text{ при } \Lambda \geq 1.0;$$

$$E_{ж пред} = \lim_{F \rightarrow \infty} E_{ж} \cong \Lambda, \text{ при } \Lambda \leq 1.0; \quad E_{ж пред} = \lim_{F \rightarrow \infty} E_{ж} = 1.0, \text{ при } \Lambda \geq 1.0$$

Для розрахунку величин ефективності процесів запропоновано емпіричні формули, зручні у практичному використанні:

$$E_{ж} = c(1 - e^{-1.1\Lambda}), \quad E_r = c(1 - e^{-1.1\Lambda})\Lambda^{-1}$$

Оптимальне значення співвідношення потоків газу і рідини складає $l = G_r/G_{ж} = 1.0$, при цьому ефективність охолодження води складає в середньому, залежно від величини Λ , діапазон значень: $c = 0.86-0.87$. Для раніше досліджених процесів з насадкою із алюмінієвої фольги ця величина складала $c \approx 0.82-0.84$ (по роботі О. В. Дорошенко).

П'ятий розділ присвячений розробці і аналізу принципів можливостей БСС. Розроблені сонячні системи гарячого водопостачання ССГВ з природною циркуляцією теплоносія. Створена типорозмірна низка протиточних вентиляторів градирен з полімерною моноблоковою насадкою. Такі градирні можуть автономно використовуватися в традиційних енергосистемах (холодильних, криогенних, у хімічних виробництвах та ін.) і у складі розроблених БСС. Типорозмірна низка включає секції продуктивністю 25, 50 і 100 куб. м / ч. по охолодженій воді і вирішений на основі принципу багатоеlementного масштабування, що істотно знижує вплив проблеми нерівномірності у роздачі контактуючих потоків по перетину апарату. Показано, що розроблені БСС цілком вирішують задачу забезпечення параметрів комфортності. Блок охолодження БСС побудований на ТМА поперечноточного типу, що забезпечує «лінійність» схеми перебігу потоків і мінімізує енерговитрати на їх переміщення. Сумарний рівень втрат тиску не перевищує 120 Па, що дозволяє використовувати вентилятори осьового типу. Був виконаний порівняльний екологічний аналіз для трьох основних стадій життєвого циклу (стадії виробництва, експлуатації і утилізації) розроблених сонячних колекторів, полімерного СК/П з повітряним зазором між абсорбером і прозорим покриттям (по роботі В. Костенюка

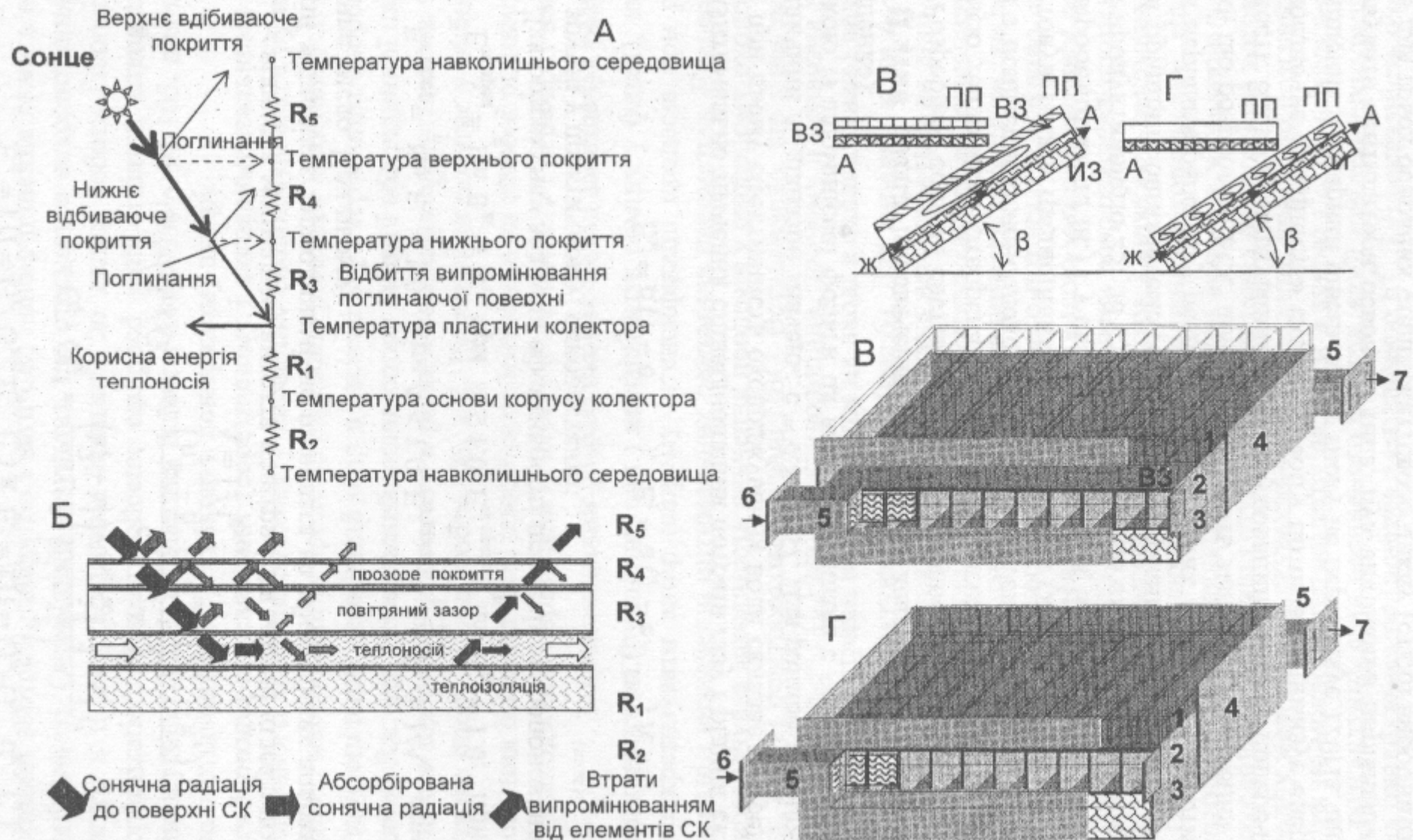


Рис. 2. Типи плоских рідинних СК/П і характерний тепловий ланцюг для полімерного сонячного колектора (А). В і Г – варіанти компоновки полімерних колекторів.

Позначення: А (2) – абсорбер (теплоприймач); ПП (1) – прозора ізоляція; ИЗ (3) – теплоізоляція; ВЗ – повітряний зазор; 4 – корпус СК; 5 – гідравлічні колектори СК; 6, 7 – теплоносії

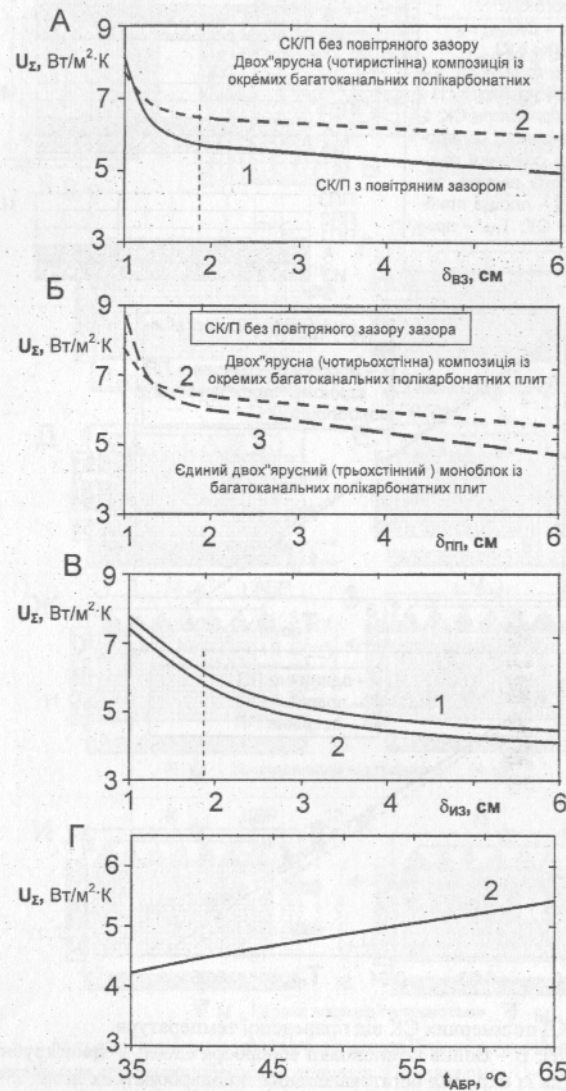


Рис 3. Залежність коефіцієнту сумарних теплових втрат U_{Σ} для СК/П: А – від $\delta_{\text{ВЗ}}$ (1 – СК/П з повітряним зазором; 2 – СК/П без повітряного зазору); Б – от $\delta_{\text{ПП}}$; варіанти СК/П без повітряного зазору; В – від товщини теплоізоляції з боку «дна» СК/П (1 – дані для СК/П з товщиною прозорого покриття 4мм; 2 – для СК/П, з товщиною прозорого покриття 8мм); Д – від температури теплоприймача (абсорбера).

КПД полімерного СК:
 $\eta_{СК} = f(T_{пр})$, $\eta_{СК} = Q / I F_{СК}$
 $T_{пр} = [0.5(t_1 + t_2) - t_0] / J$,
 де: $\eta_{СК}$ – КПД сонячного колектора; t_1 – температура теплоносія на вході (1) і виході (2) із сонячного колектора СК; t_0 – температура навколишнього середовища; J – інтенсивність сонячної радіації; Q – корисна теплова енергія, передана теплоносію; $F_{СК}$ – площа приймання сонячної енергії СК; $T_{пр}$ – приведена температура

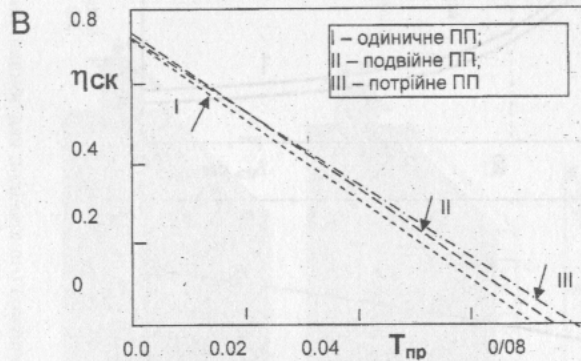
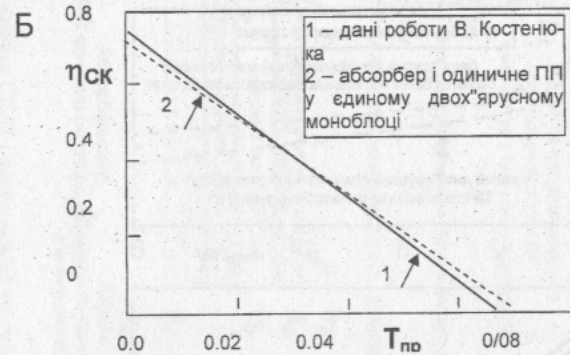
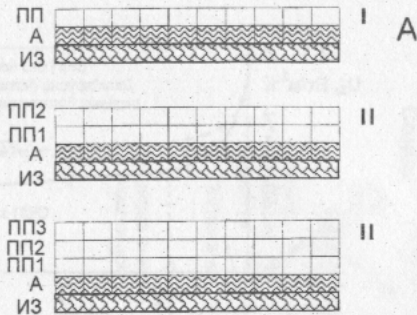


Рис 4. Залежність ККД полімерних СК від приведеної температури.

А – Основні типи СК/П; Б – Вплив компоновки абсорбера СК/П: 1- двох'ярусна (чотирисвітінна) композиція із окремих багатоканальних полікарбонатних плит; 2 – єдиний двох'ярусний (трехсвітінний) моноблок із багатоканальних полікарбонатних плит; В – вплив числа ПП у структурі сонячного колектора: I – СК/П у складі абсорбера (теплоприймача) і прозорого покриття в єдиному моноблоці; II – СК/П у складі абсорбера (теплоприймача) і подвійного прозорого покриття в єдиному трох'ярусному моноблоці; III – СК/П у складі абсорбера (теплоприймача) і потрійного прозорого покриття в єдиному трох'ярусному моноблоці.

Позначення: А – абсорбер (теплоприймач); ПП – прозора ізоляція; ИЗ – теплоізоляція; 1 – за даними досліджень В. Костенюка (СК/П без повітряного зазору і висотою ПП = 10мм)

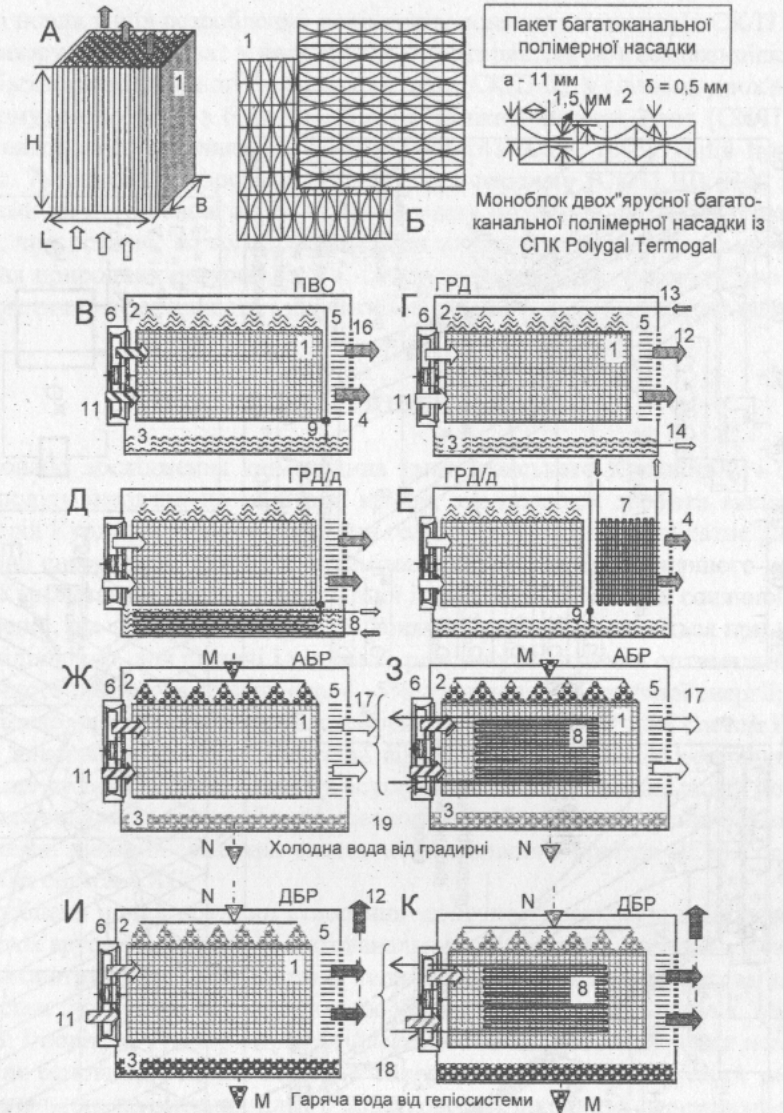


Рис 5. . Випарні водоохолоджувачі (градири) поперечного типу з використанням тепломасообмінних апаратів. Позначення: 1 – насадка ТМА; 2 – водорозподільник, 3 – ємність для води, 4 – повітряприймальні вікна, 5 – сепаратор краплевої вологи, 6 – вентилятор, 7 – теплообмінник із оребрених труб; 8 – теплообмінник із гладких труб; 9 – водяний насос; 11 – свіже повітря, що надходить; 12 – повітря, що видаляється; 13 – гаряча вода; 14 – охолоджена вода; 16 – охолоджене повітря; 17 – осушене повітря; 18 – гаряча вода від ССГВ; 19 – холодна вода від градири. В і Г – випарні охолоджувачі; Д і Е – двоконтурні волого-сухі градири; Ж, З – абсорбери-осушувачі повітря; И. К – десорбери-регенератори

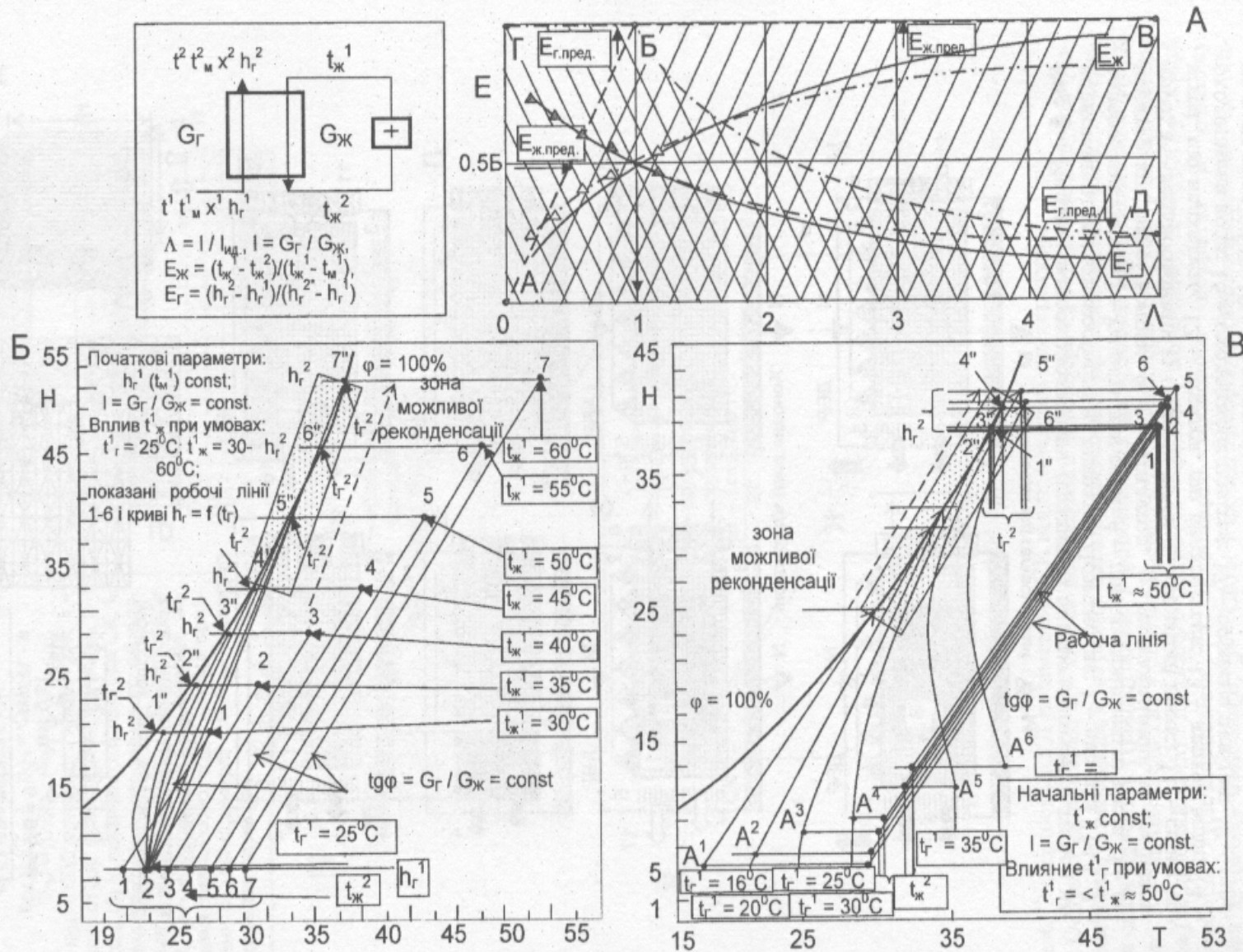


Рис 6. Експериментальні дані по випарувальному охолодженню води. А – До визначення граничних значень ступені охолодження води (лінії А-Б-В) і ступеню використання повітря (лінії Г-Б-Д) у випарувальному охолоднику; (Δ $\blacktriangle$) - експериментальні дані автора. Вплив початкової температури рідини (Б) та початкової температури повітряного потоку (В) на можливість реконденсції у верхніх шарах насадки апарата

(СК/П I), і нових типів розроблених полімерних сонячних колекторів СК/П без повітряного зазору, у варіантах: з двох'ярусною (чотиристинною) композицією СК/П з окремих багатоканальних полікарбонатних плит (СК/П II); у єдиному двох'ярусному (тристинному) моноблоку з багатоканальних полікарбонатних плит (СК/П III). Результати виконаного порівняльного екологічного аналізу трьох типів полімерних СК/П (рис. 7) дозволяють зробити висновок про перевагу (СК/П III). Цей тип СК і геліосистеми на його основі надає істотно меншу шкідливу дію на навколишнє середовище, чим останні, по всіх порівнюваних категоріях та призводить до меншого виснаження природних ресурсів (в т.ч. і енергоресурсів), що говорить про його більшу енергетичну ефективність і вносить менший вклад до глобальної зміни клімату.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Виконано дослідження кліматичних умов Іракського Курдистану і складена карта розподілу інсоляції по території країни, яка дозволяє зробити висновок, що вся територія Курдистану ділиться на три геліотехнічні групи і придатна для розвитку сонячної енергетики; виконана оптимізація кута установки сонячного колектора для умов Курдистану з урахуванням прямої і розсіяною складових сонячної радіації і встановлено, що максимальний рівень сонячної радіації досягається при куті 25 – 28 град., відповідно, для півночі і півдня Курдистану; підтримка оптимальної орієнтації сонячного колектора збільшує на 4 – 5% уловлювання сонячної енергії;
2. Показано, що для створення багатофункціональних сонячних систем БСС перспективне використання циклу абсорбції відкритого з непрямою регенерацією абсорбенту, що полягає в попередньому осушуванні повітря і подальшому його використанні для випарного води або термовологісної обробки повітряних потоків; розроблені схемні рішення сонячних систем кондиціонування повітря ССКП і сонячних холодильних систем СХС;
3. Розроблено новий принцип створення сонячних колекторів на основі моноблокових двох'ярусних структур багатоканальних полімерних насадок; розроблено принципи конструювання уніфікованої тепломасообмінної апаратури для альтернативних систем (абсорбера-осушувача, десорбера-регенератора, випарних охолоджувачів води і повітря) з використанням багатоканальних багатошарових полімерних структур; як основний елемент насадки використовується двох'ярусний моноблок із багатоканальних полімерних плит з додатковою стінкою для перемішування контактуючих потоків і інтенсифікації процесів тепломасообміну;
4. Усунення повітряного зазору зменшує висоту і вагу СК, а перехід від чотиристинної до тристинної моноблокової композиції забезпечує зниження рівня теплових втрат, завдяки зниженню величини термічного опору на стику двох полімерних пластин; при розробці сонячних систем, основним прийнятим рішенням був СК/П на основі тристинної моноблокової композиції, без повітряного зазору між абсорбером і прозорим покриттям, що, разом із зниженням теплових втрат, забезпечує високу міцність і надійність конструкції колектора в цілому;

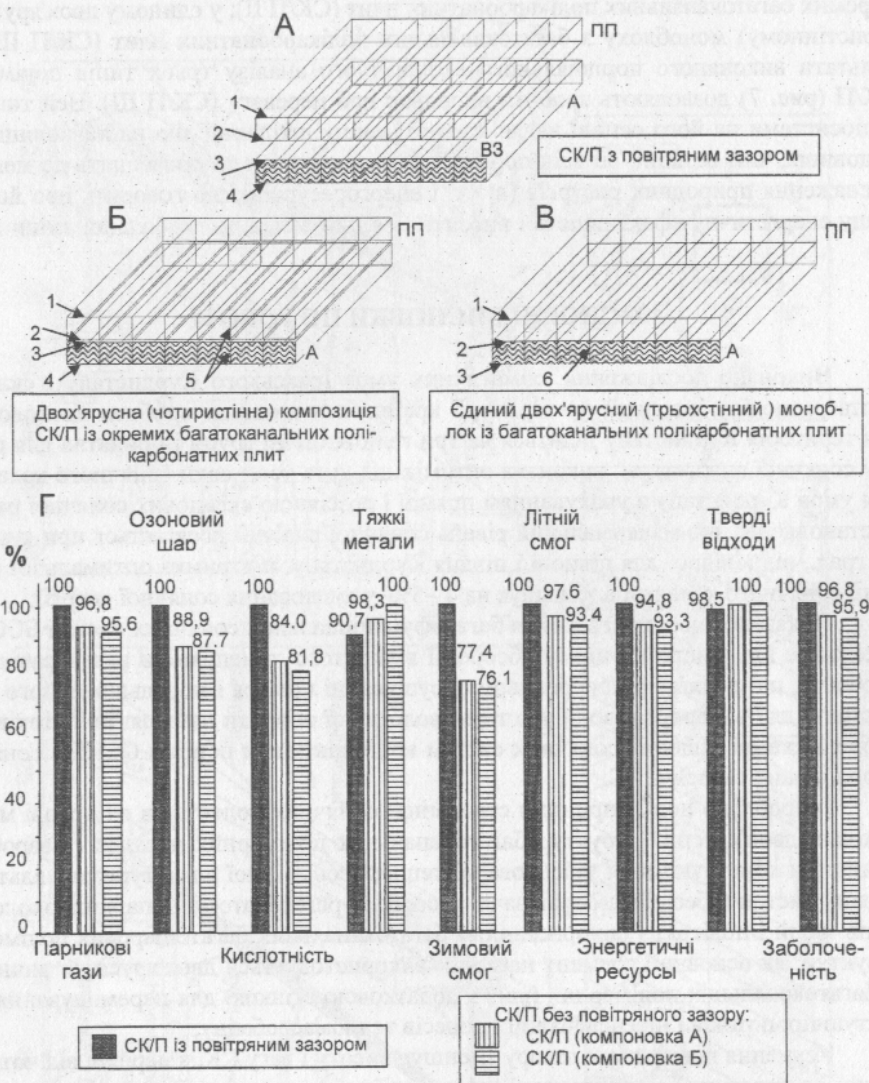


Рис. 7. Порівняльний вплив на довкілля полімерного СК/П із повітряним зазором між абсорбером і прозорим покриттям (А) і полімерних типів сонячних колекторів СК/П без повітряного зазора (у модифікаціях Б і В), при розрахунку на 1 ГДж виробленого тепла (Г).

5. Виконано моделювання процесів с тепломасообміну при випарному охолодженні води у випарному охолоджувачі з урахуванням реальних уявлень про фазові термічні опори, величинах поверхні тепло- і масообміну і відхиленні величини співвідношення Льюїса від набутого значення, визначуваного відомою аналогією процесів перенесення теплоти і маси в єдиній системі координат; запропонований розрахунковий метод визначення стану повітряного потоку по висоті насадки випарних охолоджувачів, що дозволяє встановити можливість небажаного повного насичення вологою газового потоку ще до виходу насадки апарату, для вживання заходів по запобіганню різкому зниженню ефективності процесу;

6. Виконано експериментальне вивчення характеристик випарних охолоджувачів води і повітря на насадках, набраних з елементів у вигляді двух'ярусного моноблока з багатоканальних полімерних плит з додатковою стінкою для перемішування контактуючих потоків і інтенсифікації процесів тепломасообміну і проаналізовані умови, при яких зростає небезпека реконденсатії, що особливо важливе для апаратів плівкового типу з високою щільністю шару насадки з полімерних матеріалів (високою компактністю багатоканальної багат шарової насадки); відмічено, що небезпека реконденсатії зростає для умов, коли характеристичне число $Λ < 1,0$, а також при високих значеннях початкової температури рідини ($t^1_{ж} \geq 40C$), посилюючись при зростанні відмінності в початкових температурах води і повітря; цими рекомендаціями слід користуватися при проектуванні реальних випарних охолоджувачів газів і рідин;

7. Показано, що альтернативна сонячна система БСС призводить до меншого виснаження природних ресурсів (у тому числі, енергоресурсів), ніж традиційна система, заснована на парокомпресійному принципі, що говорить про її більшу енергетичну ефективність; вона вносить менший внесок до глобальної зміни клімату; найбільша дія на навколишнє середовище призводиться під час експлуатації системи, причому найбільший вплив в цей період пов'язаний з енергоспоживанням СКП.

ПУБЛИКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИССЕРТАЦІЇ

1. Хассан Сади Ібрахим. Анализ возможностей испарительного охлаждения в автономных и комбинированных системах. / Дорошенко А.В., К.Б Жук, Хассан Сади Ібрахим // Холодильная техника и технология. 2009. № 4 (120), стр. 21-28.

Особистий внесок: аналіз напрямків розвитку альтернативних холодильних систем та формулювання задач дослідження.

2. Хассан Сади Ібрахим. Процессы совместного тепломассообмена в испарительных охладителях прямого типа. / Дорошенко А.В., Хассан Сади Ібрахим, Франко Ю.А., // Холодильная техника и технология. -2010. -№.1 (123). -С.46-54.

Особистий внесок: розробка та створення експериментального стенду, проведення експериментального дослідження.

3. Хассан Сади Ібрахим., Разработка многофункциональных солнечных систем тепло-хладоснабжения для климатических условий Иракского Курдистана. / Дорошенко А.В., Хассан Сади Ібрахим // Холодильная техника и технология. 2011 № 2 (130), стр. 44-50.

xv 1039

Особистий внесок: аналіз роботи сонячної холодильної системи та полімерних сонячних колекторів.

4. Хассан Сади Ібрахим. Теплофизические основы многофункциональных солнечных систем. Часть I. / Дорошенко А.В., Джамал Камал Хусейн, Хассан Сади Ібрахим, Глауберман М.А. // Физика аэродисперсных систем. - 2011. - № 48. - С 5.-15.

Особистий внесок: розробка нових полімерних сонячних колекторів та сонячних систем

5. Хассан Сади Ібрахим. Теплофизические основы многофункциональных солнечных систем. Часть II. / Дорошенко А.В., Джамаль Камаль Хусейн, Хассан Сади Ібрахим, Глауберман М.А. // Физика аэродисперсных систем. - 2011. - № 48. - С 16-27.

Особистий внесок: аналіз роботи сонячної холодильної системи

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

t , T – температура; p – тиск; h – ентальпія; x – вологоміст; c_p – теплоємність; ρ – щільність; r – прихована теплота пароутворення; φ – відносна вологість (%); ξ^* – приведена концентрація розчину абсорбенту; τ – час; δ – товщина рідинної плівки; G – масова витрата; Q – кількість тепла; E – ефективність процесу; Λ – характеристичне число. *Індекси:* g , $ж$ – газ, рідина; m , p – температура повітря по мокрому термометру і температура точки роси. *Скорочення:* БСС – багатофункціональні сонячні системи (СХС, ССКП – сонячні холодильні і кондиціонуючі системи); СК/П – сонячний колектор; ПВО, ГРД – випарювальні охолоджувачі (повітряохолоджувач і градирня); АБР – абсорбер; ДБР – десорбер.

АНОТАЦІЯ

Хассан Саді Ібрахім. «Багатофункціональні сонячні системи теплохолодопостачання і кондиціонування повітря для Іракського Курдистану» – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – Одеська державна академія холоду, Одеса, 2012.

Дисертація присвячена розвитку наукових та інженерних основ створення багатофункціональних сонячних систем з використанням методів випарювального охолодження середовищ. Виконано дослідження кліматичних умов різних регіонів Іракського Курдистану і показано, що вся територія Курдистану придатна для розвитку сонячного теплохолодопостачання і кондиціонування повітря. Показано, що для створення сонячних систем перспективно використання абсорбційного циклу відкритого типу з непрямою регенерацією абсорбенту. Розроблені схемні рішення для багатофункціональних сонячних систем БСС.

Розроблено новий принцип створення полімерних сонячних колекторів СК/П на основі моноблокових двох'ярусних структур. Це забезпечує зниження рівня теплових втрат, а перехід від чотиристінної до трьохстінної моноблокової композиції забезпечує подальше зниження рівня теплових втрат. Виконано цикл експериментальних досліджень, що підтвердили теоретичні результати. Розроблені принципи

конструювання уніфікованої тепломасообмінної апаратури для альтернативних систем (абсорбера-осушувача, десорбера-регенератора, випарювальних охолоджувачів води і повітря) з використанням багатоканальних багатошарових полімерних структур. Виконано моделювання процесів сумісного тепломасообміну при випарювальному охолодженні води і запропоновано розрахунковий метод визначення стану повітряного потоку по висоті і об'єму насадки випарювальних охолоджувачів, що дозволяє встановити небезпеку небажаного повного насичення вологою газового потоку ще до виходу з насадки апарату, що різко знижує ефективність процесу.

Розроблена ССКП вирішує задачі забезпечення параметрів комфортності у широкому діапазоні параметрів зовнішнього повітря, при цьому температура десорбції не перевищує 55-60° С. Показано, що альтернативна система БСС приводить до меншого виснаження природних ресурсів (в тому числі, енергоресурсів), ніж традиційна система, основана на парокомпресійному принципі, що говорить про її більшу енергетичну ефективність; вона вносить менший внесок у глобальну зміну клімату; найбільший вплив на довкілля призводиться під час експлуатації системи, при чому найбільший вплив у цей період зв'язаний з енергоспоживанням СКП.

Ключові слова: сонячна система, сонячний колектор, абсорбція-десорбція, випарювальне охолодження, повітряохолоджувач, градирня, реконденсация, тепломасообмін, полімерні матеріали, екологічний вплив

Хассан Сади Ібрахим. «Многофункциональные солнечные системы теплохладоснабжения и кондиционирования воздуха для иракского Курдистана» – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.06 – Техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика. – Одесская государственная академия холода, Одесса, 2012.

Диссертация посвящена развитию научных и инженерных основ создания многофункциональных солнечных систем с использованием методов испарительного охлаждения сред. Практическое использование этих методов требует решения нескольких принципиальных вопросов: расширения климатической области использования самих методов, повышения компактности и снижения энергопотребления систем. Наиболее перспективно включение испарительных охладителей в состав осушительно-испарительных систем на основе открытого абсорбционного цикла с непрямою регенерацией абсорбента.

Выполнено исследование климатических условий различных регионов Иракского Курдистана и составлена карта распределения инсоляции по территории страны, которая позволяют заключить, что вся территория Курдистана пригодна для развития солнечного теплохладоснабжения и кондиционирования воздуха. Изучены климатические условия Курдистана (распределение интенсивности солнечного излучения, изменение температуры воздуха, скорости ветра, коэффициентов облачности и др.). Показано, что для создания солнечных холодильных и кондиционирующих систем перспективно использование абсорбционного цикла открытого типа с непрямою регенерацией абсорбента, заключающегося в предварительном осушении воздуха и последующем его использовании для испарительного охлаждения воды или термовлажностной обработки воздушных потоков. Разработаны схемные реше-

ния для multifunctional солнечных систем МСС и показано, что такие системы могут основываться только на использовании солнечной энергии, либо на доминирующей части альтернативного источника.

На основе ранее полученных результатов разработан новый принцип создания полимерных солнечных коллекторов СК/П на основе моноблочных двухъярусных структур. Переход на моноблочную полимерную композицию СК/П обеспечивает снижение уровня тепловых потерь, так что эффективность оказывается достаточно близкой к эффективности СК/П с воздушным зазором; переход от четырехстенной к трехстенной моноблочной композиции обеспечивает дальнейшее существенное снижение уровня тепловых потерь. Выполнен цикл экспериментальных исследований, подтвердивший теоретические результаты.

Разработаны принципы конструирования унифицированной теплообменной аппаратуры для альтернативных систем (абсорбера-осушителя, десорбера-регенератора, испарительных охладителей воды и воздуха) с использованием многоканальных многослойных полимерных структур. В качестве основного элемента насадки ТМА используется двухъярусный моноблок из многоканальных полимерных плит с дополнительной стенкой для перемешивания контактирующих потоков и интенсификации процессов теплообмена. Выполнено моделирование процессов совместного теплообмена при испарительном охлаждении воды с учетом реальных представлений о фазовых термических сопротивлениях, величинах поверхности тепло- и массообмена и отклонении величины соотношения Льюиса от принятого значения, определяемого известной аналогией процессов переноса теплоты и массы. Предложен расчетный метод определения состояния воздушного потока по высоте и объему насадки испарительных охладителей, позволяющий установить возможность нежелательного полного насыщения влагой газового потока еще до выхода из насадки аппарата, для принятия мер по предотвращению резкого снижения эффективности процесса. Проанализированы условия, при которых возрастает опасность реконденсации, что особенно важно для аппаратов пленочного типа с высокой плотностью насадочного слоя из полимерных материалов (высокой компактностью многоканальной многослойной насадки) и отмечено, что опасность реконденсации возрастает для условий, когда характеристическое число $Λ < 1.0$, а также при высоких значениях начальной температуры жидкости ($t_{ж}^1 \geq 40^\circ\text{C}$), усугубляясь при возрастании различия в начальных температурах воды и воздуха.

В качестве абсорбента для ССКВ рекомендован раствор $\text{LiBr} + (\text{H}_2\text{O} + \text{LiBr} + \text{LiNO}_3)$, предпочтительный с точки зрения достигаемой степени осушения воздуха и требуемой температуры регенерации абсорбента, а также надежности эксплуатации. Разработанная ССКВ решает задачи обеспечения параметров комфортности во всем рассмотренном диапазоне параметров наружного воздуха, при этом температура десорбции не превышает $55-60^\circ\text{C}$. Результаты сопоставления осушительно-испарительного кондиционера с парокомпрессионным, показали, что осушительно-испарительная схема позволяет существенно снизить потребляемую мощность СКВ (на 35-40%).

Показано, что альтернативная система МСС приводит к меньшему истощению природных ресурсов (в том числе, энергоресурсов), чем традиционная система, ос-

нованная на парокомпрессионном принципе, что говорит о ее большей энергетической эффективности; она вносит меньший вклад в глобальное изменение климата; наибольшее воздействие на окружающую среду производится во время эксплуатации системы, причем наибольшее влияние в этот период связано с энергопотреблением СКВ.

Ключевые слова: солнечная система, солнечный коллектор, абсорбция-десорбция, испарительное охлаждение, воздухоохладитель, градирня, реконденсация, теплообмен, полимерные материалы, экологическое влияние

ABSTRACT

Hassan Sadi Ibrahim. «Multipurpose solar systems of heating, cooling and air conditioning for the Iraq Kurdistan» – Manuscript. Thesis for Candidate of science (engineering) degree by specialty 05.14.06 – Техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика. – Odessa State Academy of Refrigeration, Odessa, 2012.

The dissertation is devoted to progress of scientific and engineering bases of creation of multipurpose solar systems with use of methods evaporative of cooling. It is shown, that for creation of solar refrigerating systems use absorption a cycle of the open type with indirect regeneration of the absorbent consisting preliminary drainage of air and its subsequent use for evaporative of cooling is perspective. Circuit decisions of multipurpose solar systems are developed.

On the basis of earlier received results the new principle of creation of polymeric solar collectors is developed. The cycle of the experimental researches which have confirmed theoretical results is executed. Heat-mass-transfer equipments principles of design are developed for alternative systems with use of multichannel polymeric materials. Modelling processes heat-mass-transfer is executed at evaporative cooling of water. The method of definition of a condition of airflow on height and volume of a nozzle evaporative coolers is offered. As an absorbent solution $\text{LiBr} (\text{H}_2\text{O} + \text{LiBr} + \text{LiNO}_3)$ is recommended.

It is shown, that the alternative system leads to a smaller depletion of natural resources (including, power resources), than traditional system that speaks about its greater power efficiency; it brings the smaller contribution to global climatic change.

Keywords: solar system, open sorption cycle, direct solar regeneration, solar collectors, evaporative cooling, heat-mass-transfer, mathematical model, cooling tower, polymeric materials.

Видавничий центр ОДАХ.

Обсяг 1.43 д.арк.

Тираж 100 прим. Замовлення № 96/2012 р.