

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

УДК 621.396.6

КОНОПЛЬОВ Олександр Ігорович

**РАЦІОНАЛЬНІ ЦИКЛИ, СХЕМИ І
ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗМАШИННИХ
ПАРОВИКОТОРИЙНИХ ГЕНЕРАТОРІВ
ХОЛОДУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ НАСТАНОВ
(Термодинамічний аналіз і експериментальне
моделювання)**

спеціальність 05.14. 06 — технічна теплофізика

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеню
кандидата технічних наук

Одеса 1997

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00751778 (Z)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

УДК 621.396.6

КОНОПЛЬОВ Олексій Ігоревич

**РАЦІОНАЛЬНІ ЦИКЛИ, СХЕМИ І
ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗМАШИННИХ
ПАРОЕЖЕКТОРНИХ ГЕНЕРАТОРІВ
ХОЛОДУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ НАСТАНОВ
(Термодинамічний аналіз і експериментальне
моделювання)**

спеціальність 05.14.06 — технічна теплофізика

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеню
кандидага технічних наук

**ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України**

Одеса 1997

621.1.01

Ав 38.834

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Одеській державній академії холоду

Науковий керівник:

—доктор технічних наук, професор Смірнов Г. Ф.,
Одеська державна академія холоду, завідуючий
кафедрою

Офіційні опоненти:

—доктор технічних наук, професор, член-корр. НАН
України, лауреат державної премії СРСР Мацевітій
Ю. М., Інститут проблем машинобудування НАН
України, директор;

—доктор технічних наук, професор Дорошенко А. В.,
Державна науково-виробнича фірма “Нові технології”
Держхарчпрома України, директор.

Провідна організація:

Одеський державний політехнічний університет.

Захист відбудеться “_____” _____ 1997 року в 11.00
годин на засіданні спеціалізованої ради D.05.20.01 при
Одеській державній академії холоду за адресою:
270057, м. Одеса, вул. Петра Великого, 1/3, ОДАХ.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ОДАХ.

Автореферат розіслано “_____” _____ 1997 року.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
доктор технічних наук, професор

Р. К. Нікульшин

Актуальність теми. Одне з найважливіших напрямків розвитку нової техніки в сучасному суспільстві зв'язане з розробкою і реалізацією ефективних енергозберігаючих технологій. Важливе місце в широкому спектрі різноманітних варіантів енергозберігання займають різноманітні теплонасосні системи, настанови і пристрої, що використовують джерела низькопотенціального тепла для виробництва холодильного ефекту. Серед відомих принципів організації тепловикористовуючих теплонасосних настанов найбільш прості та надійні пароежекторні пристрої для одержання холодильного ефекту. Відомий успішний досвід застосування цих пристроїв в суднових системах кондиціонування повітря. Однак цей досвід не отримав подальшого розвитку при створенні систем і пристроїв кондиціонування в інших транспортних настановах (автомобільний транспорт, бортові системи забезпечення теплових режимів та ін.)

В багатьох бортових системах містяться джерела тепловиділення, які мають робітничі температури значно вище 0°C . Водночас існують функціональні елементи, нормальний тепловий режим яких вимагає термостабілізації при температурах істотно нижче 0°C аж до -100°C , -150°C (ІЧ—приймальники випромінювання). Використання пасивних систем термостабілізації при дуже низьких робітничих температурах виявляється неможливим або зв'язане зі значним збільшенням розмірів радіаторів-випромінювальників. Для таких умов застосування пароежекторних систем, що охолоджують з утилізацією тепла високотемпературних тепловиділяючих елементів виявляється особливо перспективно, якщо реалізувати безмашинний принцип їхньої роботи. Однак досвід розробки і дослідження таких пристроїв невідомий, немає обґрунтованих рекомендацій по схемним рішенням і термодинамічному аналізу таких пристроїв, включаючи вибір робітничого тіла.

Викладеним в повній мірі обґрунтовується актуальність теми нинішньої дисертації.

Мета роботи. Створити основи математичного і експериментального моделювання параметрів, схем, характеристик пароежекторних теплонасосних настанов транспортного призначення і визначити на цій базі нові перспективні напрямки їхнього розвитку і практичного застосування.

Наукову новизну виконаної дисертаційної роботи склали такі основні результати:

— методи та математичні моделі термодинамічного аналізу тепловикористовуючих пароежекторних машинних і безмашинних генераторів холоду на основі узагальненого циклу і певних термогазодинамічних співвідношень.

— нові цикли, схеми і принципи дії безмашинних пароежекторних генераторів холоду;

— дані експериментальних досліджень, що підтвердили принципову дієздатність запропонованих способів роботи і типів безмашинних пароежекторних генераторів холоду;

— дані теоретичних досліджень, які обґрунтували вибір низькопотенціального джерела тепла робітничого тіла, раціональних схемних рішень і термодинамічних параметрів для пароежекторних генераторів холоду транспортного призначення.

Результати досліджень і розробок по темі дисертації дозволили автору обґрунтувати таке наукове положення.

“Принципово можливо здійснення дієздатних безмашинних пароежекторних генераторів холоду для теплонасосних настанов транспортного призначення на основі пристроїв періодичної дії з тепловим акумулятором енергії або на основі пристроїв стаціонарної дії з використанням контурної теплової труби (капілярного насоса).

Такі генератори холоду можуть бути перспективними пристроями для бортових систем терморегулювання, якщо робітнича температура термостатизованих функціональних елементів не перевищує ефективну температуру теплоскидання на 10... 20 К. Подібні генератори холоду можуть бути ефективними для транспортних настанов наземного застосування при використанні в якості низькопотенціального джерела енергії теплоти виходячих газів.”

Прикладне значення мають такі результати досліджень і розробок по темі дисертації:

1. Комплекти програмного забезпечення, що реалізують в формі стандартних програм методи і математичні моделі термодинамічного аналізу і вибору режимних і конструктивних параметрів машинних і безмашинних пароежекторних генераторів холоду для транспортних тепловикористовуючих настанов різноманітного призначення.

2. Отримані на основі експериментального моделювання практичні рекомендації по принципівим схемним рішенням, компоновці основних вузлів і елементів пароежекторних генераторів холоду, режимним параметрам, засобам регулювання і управління.

3. Дані ескізних проектів пілотних настанов тепловикористовуючого транспортного кондиціонера для автомобіля і теплонасосної мініпароежекторної настанови для бортової СТР космічного апарату.

Обґрунтованість висновків, положень і рекомендацій по темі дисертації забезпечувалася систематичним і всебічним характером

теоретичних досліджень і розробок. В цих дослідженнях термодинамічний аналіз циклів і схем пароежекторних теплоносіючих настанов поєднувався з послідовними термогазодинамічним розрахунком режимів і характеристик генераторів холоду.

Апробація роботи. Результати досліджень по темі дисертації представлені в 4 публікаціях, включаючи два патенту Росії на винаходи, а також доповідалися на міжнародних семінарах: м. Мінськ 1995 р., м. Мінськ 1997 р., м. Штутгарт, Німеччина, 1997р., а також на наукових конференціях професорсько-викладацького складу Одеської Державної Академії холоду в 1992, 1994 р.р.

Дисертаційна робота складається з введення, 4-х розділів, висновків і рекомендацій, додатків, 43 малюнків, 3 таблиць. Список використаної літератури складає 109 найменувань.

В першому розділі виконан аналіз стану проблеми і обґрунтовані задачі досліджень.

Початково розвиток ПЕХМ обмежувався рішенням практичних задач. Починаючи з 60-х років розвиваються теоретичні і експериментальні дослідження процесів і характеристик ПЕХМ, в який істотний вклад вносять роботи вітчизняних вчених та інженерів Мартиновського В. С., Захарова Ю. В., Шумелишского М, Г., Зингера Н. М., Жадана С. З. та ін. В останні роки вивчаються можливості застосування ПЕХМ в геліоустановках для комбінованого виробництва тепла і холоду. Для транспортних систем гострий інтерес можуть представляти безмашинні пароежекторні генератори холоду. Різноманітні схемні рішення подібних пристроїв запропоновані і розглянуті в роботах Бурдо О.Г. і його співробітників, однак інформація про практичну реалізацію і експериментальне підтвердження дієздатності цих пристроїв невідома.

Звідси задачі цієї роботи формулюється таким чином:

- розробка перспективних схем і циклів безмашинних пароежекторних холодильних настанов і автономних генераторів холоду для систем охолодження і термостабілізації приладів і обладнання на транспортних засобах різноманітного призначення;
- математичне моделювання схемних рішень з описом термодинамічних, газодинамічних та інших особливостей їхньої роботи;
- створення відповідних алгоритмів і програм термодинамічного аналізу і техніко-економічної оптимізації;
- розробка експериментальної моделі і засобів експериментального моделювання режимів і характеристик безмашинних пароежекторних генераторів холоду;

— узагальнення отриманих результатів, визначення практичних рекомендацій і перспектив подальших досліджень.

В другому розділі дисертації викладаються і обґрунтовуються основи термогазодинамічного аналізу пароежекторних безмашинних генераторів холоду.

Здаються перспективними два типу схем ПЕБМГХ (рис. 1 і 2), захищених патентами. Схеми по рис. 1 є варіантами схем з капілярним насосом-парогенератором” (КНП). Вони можуть бути реалізовані як в вигляді настанов, так і в вигляді контурних теплових труб для СТР космічних апаратів.

Схема по рис. 2, незважаючи на ряд недоліків (періодичність дії, клапанове розподілення перетоків рідини, інерційність підводу тепла в ПП), дозволяє, тим не менше, забезпечити безмашинний принцип роботи пароежекторного генератора холоду найпростішим образом.

Для проведення термодинамічних досліджень запропонований узагальнюючий цикл ПЕБМГХ. Конкретні цикли можуть бути отримані з такого узагальненого циклу, як окремі випадки, при накладенні відповідних умов.

Метою термодинамічних досліджень є аналіз теплової економічності різноманітних схем ПЕБМГХ і вивчення впливу на теплову економічність цих схем режимних параметрів хладоагента. В якості основного критерію теплової економічності використовується “коефіцієнт теплового використання”, що висловлюється, як відомо, відношенням $\xi = Q_c / Q_p$. (1)

При розробці моделей і алгоритмів термогазодинамічного розрахунку ежектора прийняті такі допущення: а) течія потоків хладоагента в елементах проточної частини Е — одновимірне; б) процеси в камері поєднання близькі до ізобаричних; в) стрибок ущільнення, що виникає при певних умовах в циліндричній дільниці камери змішення, плоский і товщиною його можна зневажити. На основі такої моделі визначаються середні по перерізам проточної частини Е параметри і швидкості потоків. Реальні необерненості процесів розширення і стиску парів в Д, а також змішення потоків в камері поєднання враховуються відповідними коефіцієнтами φ_p , φ_c , φ_{KC} і η_p .

Така модель відрізняється від загальноновизначених, тому що в цих моделях не розглядаються стрибки ущільнення в проточній частині Е.

В роботі при моделюванні характеристик ПЕХМ враховувалися реальні властивості парів.

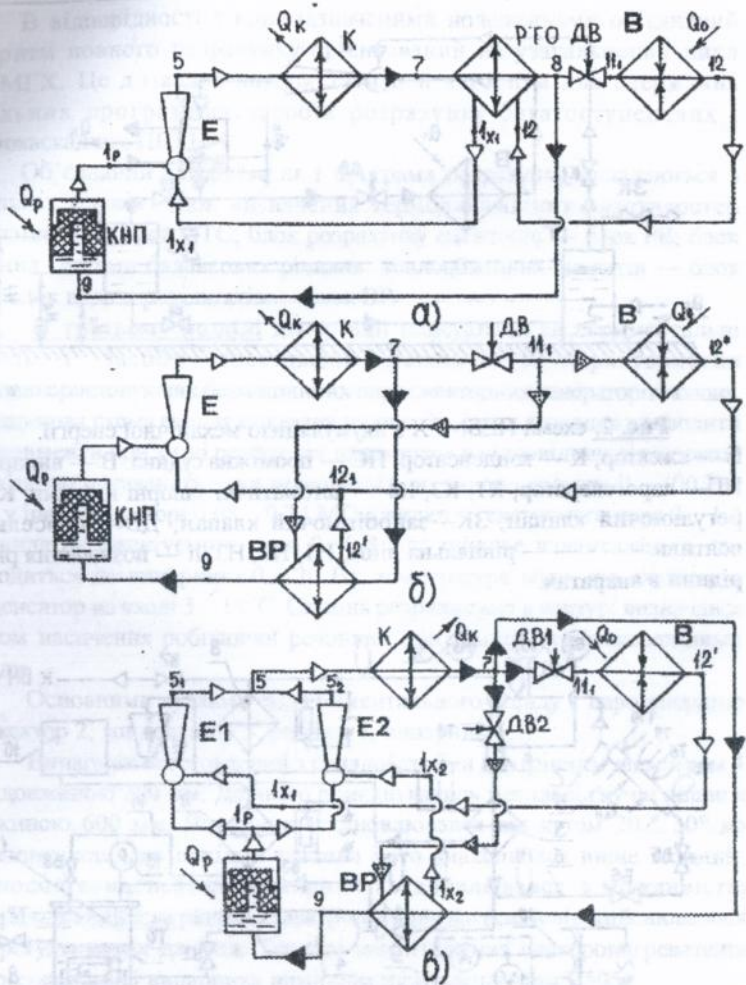


Рис. 1. схеми ПЕБМГХ з капілярним насосом-парогенератором,
 а) схема з регенеративним теплообмінником "рідина-пар";
 б) схема з випарником-регенератором;
 в) схема з випарником-регенератором і двома ежекторами.

КНП капілярний насос-парогенератор; К конденсатор; Е1 і Е2 — ежектори; В — випарник; РТО—регенеративний теплообмінник; ВР — випарник-регенератор; ДВ, ДВ1, ДВ2 — дросельні вентилі.

В відповідності з вищезазначеними положеннями об'єднаний алгоритм повного розрахунку орієнтований на узагальнений цикл ПЕБМГХ. Це дозволяє використати цей алгоритм для одержання загальних програмних засобів розрахунку багатоступеневих і багатокаскадних ПЕХН.

Об'єднаний алгоритм, як і програма розрахунку, складаються з декількох блоків: блок визначення термодинамічних властивостей холодагента — блок ОТС; блок розрахунку ежекторів — блок РЕ; блок рішення системи балансових рівнянь теплообмінних апаратів — блок РРТ; блок видачі результатів — блок ВР.

В третьому розділі дисертації описуються експериментальні моделі і засоби досліджень режимів і характеристик тепловикористовуючих безмашинних пароежекторних генераторів холоду. Принципова схема стенду показана на рис. 3. Стенд дозволяв проводити експерименти при зміні режимних параметрів в відповідних діапазонах: електрична потужність, яка підводиться до парогенератору 0... 400 Вт; тиск у парогенераторі 0.08... 0.14 МПа; видаток генеруємого пара 0... 1,2 г/с; видаток ежектуюємого пара 0... 0.8 г/с; теплове навантаження, що підводиться до випарника 0... 20 Вт; температура води, що охолоджує конденсатор на вході 3... 18°C. Ступінь розрядження в контурі визначався тиском насичення робітничої речовини при температурі навколишньої середи.

Основними вузлами експериментального стенду є парогенератор 1, ежектор 2, конденсатор 3, ресівер 4, випарник 5.

Випарник виготовлений з скляної трубки внутрішнім діаметром 4 мм, довжиною 290 мм. До нього приєднувались металеві гнучкі шланги довжиною 600 мм. Випарник встановлювався під кутом 20... 30° до горизонту так, що вихідна частина його знаходилася вище вхідний. Відносно конденсатора випарник встановлювався з можливістю візуалізації мениска рідини. Електропитання нагрівателів здійснювалося від регульованих джерел. Теплові навантаження електронагрівателів парогенератора і випарника вимірювалися комплектом К505.

Експериментальне моделювання процесів і характеристик проводилося для 2-х варіантів "організації безмашинної дії" ПЕХН: з акумулятором енергії (ПЕХН періодичної дії) і з капілярним насосом. В якості теплоносія використовувався толуол. Вибір толуола обґрунтований особливостями кривої пружності цієї речовини, що дозволить в області температур насичення -20... +20°C отримати найкращі енергетичні характеристики ПЕХН, відповідні максимальним коефіцієнтам тепловикористування.

В главі описуються методики експериментальних досліджень, проведена розрахункова оцінка максимальної відносної погрішності, що склала 33%.

В четвертому розділі проводиться аналіз результатів математичного і експериментального моделювання пароежекторних генераторів холоду.

Математичні моделі і розрахунково-теоретичні дослідження ПЕХН реалізовані застосовно до умов роботи транспортних настанов наземного і бортового застосування. Варійованими параметрами були: тип теплоносія, джерела низькопотенціального тепла, температурні натиски в парогенераторі і конденсаторі. Приймалося, що на даному етапі перспективна найпростіша схема пароежекторної теплонасосної настанови без застосування регенерації тепла (холоду).

На рис. 4 дані залежності коефіцієнту теплового використання ξ і теплового навантаження парогенератора Q_p від початкової температури гріючого пара t_p . Аналіз їх показує, що при використанні в якості низькопотенціального джерела тепла системи охолодження двигуна ($t_A = 95^\circ\text{C}$) тепловий коефіцієнт в 10... 30 раз менш, а потужність, що споживається відповідно в стільки же раз більше, ніж в випадку використання тепла виходячих газів. В цих системах можна очікувати величини $\xi = 0, 25 \dots 0, 40$ і споживаючі потужності порядку 1... 2 кВт, що слідує лічити цілком прийнятним. Цей висновок є першим принципово важливим прикладним результатом.

Інша важлива задача — вибір теплоносія. Результати рис. 5 показують, що для реальних температурних обмежень і зазначених вище умов порівняння вода істотно переважає толуол і для даної задачі є більш прийнятним робітничим тілом.

Наступний етап розрахунково-теоретичного аналізу був направлений на визначення оптимальних температурних натисків в двох основних теплообмінних апаратах ПЕХН парогенераторі і конденсаторі. Результати дані в дисертації.

При зміні вхідних даних, обмежень, а також призначення можуть декілька змінитися кількісні результати. Основні принципові висновки можуть змінитися тільки при сильних змінах в вхідних умовах. До таких відносяться умови застосування теплонасосних пароежекторних безмашинних генераторів холоду в системах терморегулювання бортової апаратури, працюючої на космічних апаратах в течії тривалого часу (5... 15 років і більше).

Принципово можливі два типу бортових СТР РЕА:

— пасивна система, коли $T_o > T_{oc}$ (2);

— система з штучними джерелами холоду, яку слідує застосовувати, коли $T_o \leq T_{oc}$ (3).

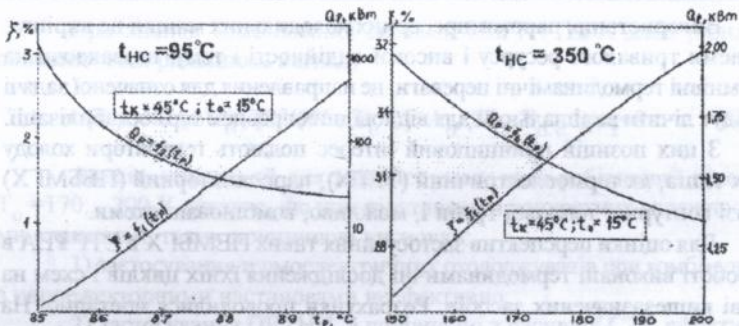


Рис. 4. Залежності теплового коефіцієнту і теплового навантаження парогенератора Q_p від початкової температури робітничого пара t_p .

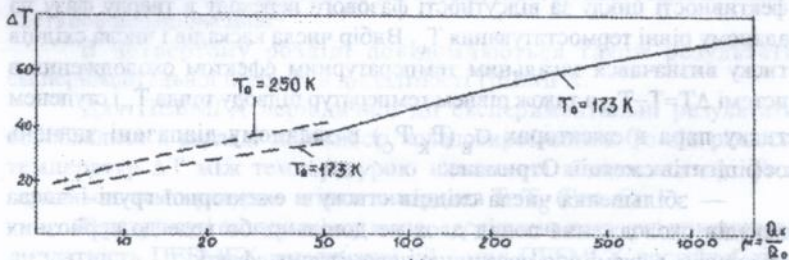


Рис. 5. Залежність холодильного ефекту ΔT від відносної теплоти теплоскидання μ для ПЕБМГХ в складі СТР РЕА.

— для однокаскадної схеми; - - - - для двокаскадної схеми.

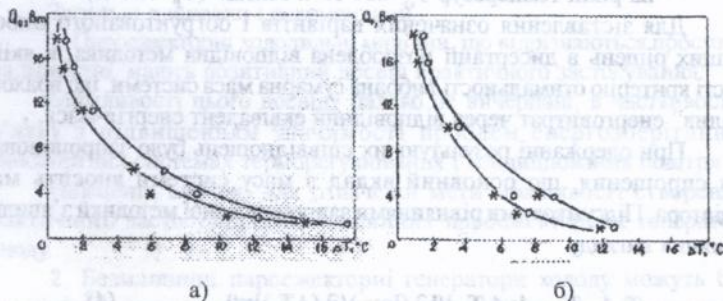


Рис. 6. Залежності холодовиробництва ПЕБМГХ від температурного ефекту охолодження для різних видатків ежектуемого пара: а) $G_x = 74$ г/с; б) $G_x = 52$ г/с., Q_0 — мінімальне і максимальне значення холодовиробництва. (Дані експерименту).

Використання парокомпресорних холодильних машин не вирішує проблеми тривалого ресурсу і високої надійності і тому, незважаючи на безсумнівні термодинамічні переваги, це направлення для означеної задачі не слід вважати вирішальним для відповідних проблем термостабілізації.

З цих позицій принциповий інтерес подають генератори холоду таких типів, як термоелектричний (ТЕГХ), пароежекторний (ПЕБМГХ) на базі контурної теплової труби і, можливо, комбіновані схеми.

Для оцінки перспектив застосування таких ПЕМБГХ в СТР РЕА в цій роботі виконані термодинамічні дослідження їхніх циклів і схем на основі вищезазначених засобів. Розрахунки проводилися поетапно. На першому етапі підбирався хладоагент (етан, пропан, п-пентан та ін.), а також вибиралося число каскадів охолодження і кількість східців стиску в кожному каскаді. Підбір хладоагента здійснювався з умов достатньої ефективності циклу за відсутності фазового переходу в тверду фазу на заданому рівні термостатування T_0 . Вибір числа каскадів і числа східців стиску визначався загальним температурним ефектом охолодження в системі $\Delta T = T - T_0$, а також рівнем температур підводу тепла T_p і ступенем стиску пара в ежекторах $\sigma_E (P_K/P_0)$ в заданому діапазоні значень коефіцієнтів ежекції. Отримане:

— збільшення числа східців стиску в ежекторній групі і числа каскадів охолодження понад двох не доцільно, бо веде до серйозних ускладнень в схемі при практично непомітному ефекті;

— доцільно застосування таких хладоагентів:

— на рівні температур $T_0 = 173$ К: нижній каскад ізобутан ($T_p = 245$ К), верхній каскад п-пентан ($T_p = 290$ К);

— на рівні температур $T_0 = 250$ К: п-гексан ($T_p = 320$ К).

Для зіставлення означених варіантів і обґрунтованого вибору кращих рішень в дисертації розроблена відповідна методика, в якій в якості критерію оптимальності вибрана сумарна маса системи, що враховує “вплив” енерговитрат через відповідний еквівалент енергія-маса.

При одержанні результируючих співвідношень було запропоновано для спрощення, що основний вклад в масу системи вносить маса радіатора. Підсумковими рівняннями запропонованої методики з’явилися рівняння вигляду

$$T_p^4 - T_{0.c.}^4 - 4 T_p^3 / [\partial (\lg \mu_2) / \partial (\Delta T_2)] = 0 \quad (4).$$

Тут $T_p = T_{0.c.} + \Delta T_2$, μ і ΔT_2 відповідні параметри пароежекторного варіанту.

При аналізі комбінованої системи ПЕГХ+ТЕГХ дане рівняння доповнюється рівнянням вигляду

$$1 - 4[\partial \mu_1 / \partial (\Delta T)] [T^3 / (T^4 - T_o^4)] + A_o (T^4 - T_{o.c}^4) / \mu_2 = 0 \quad (5).$$

Аналіз, виконаний для типових умов, коли робітничий діапазон $T_o = 170 \dots 200$ К показує, що при підставленні конкретних залежностей, ми отримаємо таких принципові висновки:

- 1) застосування термоелектричних охолоджувачів при комбінуванні з пароежекторними настановами неефективно;
- 2) застосування ПЕТНН, в порівнянні з пасивної СТР, ефективно, якщо температура елемента T_o нижче або приблизно рівна температурі теплоскидання $T_{o.c}$. Якщо же $T_o > T_{o.c}$, на 20... 30 К і вище, то застосування як пароежекторних, так і термоелектричних і комбінованих настанов нераціонально.

В четвертому розділі повідомляються також результати експериментальної перевірки дієздатності ПЕБМГХ.

Для ПЕБМГХ періодичної дії експериментальні результати оброблялися в вигляді залежності холодовиробництва Q_o від різності температур ΔT між температурою насичення в конденсаторі T_k і середньою температурою стінки випарника $T = T_o$ (Рис. 6).

В результаті експериментальних досліджень показана принципова дієздатність ПЕБМГХ періодичної дії і міні-ПЕБМГХ постійної дії з використанням капілярного насоса.

В заключній частині глави сформульовані принципові рекомендації по конструктивно-технологічним рішенням і раціональним режимам для проектування дослідних взірців ПЕБМГХ.

Загальні висновки і рекомендації.

1. Пароежекторні холодильні машини, що відрізняються простотою і надійністю, мають позитивний досвід практичного застосування.

Можливості цього досвіду далеко не вичерпані, в частковості, в зв'язку з підвищенням значимості проблем енергозберігання в транспортних системах терморегулювання і кондиціонування повітря.

Найменш вивчені для означеної мети можливості створення і практичного застосування безмашинних пароежекторних генераторів холоду.

2. Безмашинні пароежекторні генератори холоду можуть бути створені як настанови періодичної дії з використанням акумуляторів енергії і як настанови стаціонарної дії з застосуванням контурних теплових труб (капілярних насосів) на основі технічних рішень, запропонованих по результатах досліджень дисертації. Новизна цих рішень захищена двома патентами.

3. При створенні пароежекторних теплонасосних настанов, призначених для виробництва холодильного ефекту від 20°C і вище необхідно перейти до двох- або трьоххідцевих або двох- або трьохкаскадних схем. Зростання числа східців і каскадів негативно відбивається на найважливішому показнику ефективності пароежекторних генераторів холоду коефіцієнті теплового використання і тому практичний інтерес обмежується, в основному, двоступінчастими і двохкаскадними схемами.

4. Надійною теоретичною основою ефективних засобів аналізу, вибору схемних рішень і визначення оптимальних параметрів пароежекторних генераторів холоду можуть служити методики сполученого розрахунку термодинамічних параметрів узагальненого циклу пароежекторних тепловикористовуючих настанов для виробництва холоду і газодинамічного розрахунку парового ежектора при використанні:

а) розрахунків термодинамічних циклів названих настанов на основі випробуваних рівнянь стану реальних газів, в частковості для двофазної області рівнянь стану;

б) обліку всіх можливих форм необоротних втрат в елементах парового ежектора на основі відомого досвіду по кількісним оцінкам відповідних коефіцієнтів цих втрат, включаючи втрати в стрибках ущільнення;

в) розрахунку основних газодинамічних процесів в парових ежекторах як для реальних газів (парів).

Така основа використана в теоретичному аналізі в нинішній роботі, що забезпечує вірогідність і обґрунтованість результатів цього аналізу, ефективність і практичну значимість створеного на цій базі програмного забезпечення.

5. Експериментально доведена реалізуємість запропонованих засобів роботи пароежекторних безмашинних генераторів холоду. Для забезпечення конкурентноспроможності цих приладів необхідні подальші дослідження і розробки.

6. Тепловикористовуюча пароежекторна холодильна настанова може стати основою конкурентноспроможного транспортного кондиціонера при орієнтації на теплоту уходячих газів двигуна як джерело низькопотенційного тепла, на водяній пара, як ефективне робітничє тіло і на режимні, схемні і конструктивно-технологічні параметри, визначені в цій дисертації.

7. Мініпароежекторні теплонасосні безмашинні настанови можуть виявитися найкращим технічним рішенням для створення на їхній основі СТР для функціональних елементів бортової апаратури космічного застосування, якщо робітничє температура термостабілізуємих елементів перевищує ефективну температуру теплосбросу не більш ніж на 20°C.

При цьому в залежності від параметрів низькотемпературного джерела тепла, робітничої температури елемента і температури теплосбросу ефективними можуть виявитися схеми з різноманітними числами східців і каскадів з різноманітними оптимальними теплоносіями в каскадах (толуол, ізобутан, етан та ін.)

8. Мініпароежекторні теплонасосні низькотемпературні настанови на робітничий рівень температур від 0°C до 150°C є ефективними альтернативними приладами у порівнянні з відповідними термоелектричними агрегатами.

9. Сукупність виконаних досліджень, отриманих теоретичних і експериментальних результатів є базою для створення ефективних конкурентноспроможних пароежекторних генераторів холоду для транспортних кондиціонерів і СТР різноманітного призначення.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Гарбуз І. І., Конопльов О. І., Смирнов Г. Ф. Застосування пароежекторних настанов на основі контурних теплових труб для бортових низькотемпературних систем термостабілізації / Теплові режими і охолодження радіоелектронної апаратури: Науково-технічний сб. 1994, №1-2, з. 25-31.

2. Смирнов Г. Ф., Гарбуз І. І., Конопльов О. І. Аналіз перспективності пароежекторних теплонасосних настанов на основі контурних теплових труб для застосування в бортових низькотемпературних системах термостабілізації / Теплові режими і охолодження радіоелектронної апаратури: Науково-технічний сб. 1994 №1-2, з. 31-36.

3. Патент Росії, РИ №2053466, МПК F25 031/00; F-25 1/06, по заявці і 94-011785/13 (011055). Пароежекторна холодильна настанова і засіб виробництва в ній холоду / Ботук Ю. С., Вуз В. Н., Конопльов О. І., Смирнов Г. Ф., Опубл. 03.96, БИ №3.

4. Патент Росії, РИ (11) 2081378 (13) С1; 6F—25031/00; F-25 B1/06 “Засіб виробництва холоду пароежекторною холодильною настановою та пароежекторна холодильна настанова (варіанти)” / Смирнов Г. Ф., Ботук Ю. С., Конопльов О. І., Гончаров К. А. Зареєстровані 10 липня 1997 р.

5. K.A.Goncharov; Yu.S.Botuk; M.A.Bukraba; V.N.Buz; A.J.Konoplev; H.F.Smirnov “Investigations of The Vapour-Ejector Autonomous Refrigerator Characteristics”

The X-th Int. Heat Pipe Conference Proseedings. Stuttgart.

УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

$A_o = KP/PP$; K — масовий еквівалент потужності, кг/Вт; Q_p — теплове навантаження парогенератора, Вт; Q_o — холодопродуктивність, Вт; P_k, P_o — тиск конденсації та кипіння, відповідно, МПа; $T_o, T_{o.c}, T_{oc}, T_k, T_{oo}, T_p, T$ — температури термостабілізації, середня ефективна температура теплосбросу, навколишньої середи, насичення в конденсаторі, об'єкту, що охолоджується, робітничого пара, середня температура стінки випарника, відповідно, К; t, t — температури початкова пара і низькопотенційного джерела, що гребе тепла, відповідно, °С; ξ — коефіцієнт теплового використання; $\phi_{pc}, \phi_{xc}, \phi_{kc}$ — коефіцієнти втрат; η_d — К.П.Д. дифузора; μ_1, μ_2 — відповідні відношення теплових навантажень (тепловиділення на гарячому спаї до холодопродуктивності, тепла потужність парогенератора до холодопродуктивності та ін.); постійна Больцмана; σ_E — ступінь стиску пара в ежекторі; A_o — коефіцієнт, враховуючий випромінюючі властивості поверхні радіатора, густину матеріалу, товщину стінки та “масову” вартість енергозатрат.

АНОТАЦІЯ.

Конопльов О.І. Рациональні цикли. схеми та характеристики безмашинних пароежекторних генераторів холоду для транспортних настанов. (Термодинамічний аналіз і експериментальне моделювання). Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 — технічна теплофізика, Одеська державна академія холоду, Одеса, 1997.

В дисертації розроблені основи термодинамічного аналізу циклів та схем безмашинних пароежекторних генераторів холоду для настанов транспортного призначення. В аналізі використовуються сумісні рівняння стану реальних газів, включаючи двофазну область, основні рівняння газодинамічних процесів в парових ежекторах, співвідношення, що визначають витрати механічної енергії в усіх елементах розглянутих пристроїв. Вперше вивчаються можливості реалізації безмашинних пароежекторних генераторів холоду в двох варіантах, використовуючи капілярні насоси, як джерела механічної енергії, та застосовуючи систему з тепловикористовуючим акумулятором механічної енергії періодичної дії. Новітність технічних рішень з обох варіантів захищена патентами, їх працездатність підтверджена даними експериментального моделювання.

На основі запропонованих в дисертації узагальнених циклів, методик теоретичного опису та розрахунків створені програмні засоби, перспективні для практичного використання. За результатами аналітичних досліджень визначені форми та області раціонального застосування тепловикористовуючих безмашинних пароежекторних генераторів холоду.

Ключові слова: паровий ежектор, холодильна машина, термодинамічний аналіз, джерело механічної енергії, капілярний насос, акумулятор енергії.

SUMMARY.

Konoplev A.I. The vaporejector cold generator without mechanical energy source cycles, schemes and characteristics for transport devices. (The thermodynamic analysis and experimentation). The dissertation for scientific degree of technical sciences on the specialty: 05. 14. 06 - Technical Thermophysics.

The thermodynamic analysis of the vapor-ejector refrigerating machines was developed in this dissertation for transport devices. There were used in this analysis commonly the real gases state equations, including two-phase zone, the vapor-ejector gas dynamic processes equations and determined mechanical energy losses correlations for all vapor-ejector devices elements.

There were studied for the first time the vapor-ejector refrigerating machines without mechanical energy sources creation possibility in two main variants.

The first variant is grounded on the capillary pump application and the second variant is grounded on the periodic action mechanical energy accumulator application. The technical solutions novelty was defeated two patents and their workability was confirmed experimentally.

It was created for practical applications the soft-wear on the theoretical methods and generalized cycles base. There were determined the vapor-ejector refrigerating machines without mechanical energy sources rational application fields as analytical research results.

Key words: vapor-ejector, refrigerating machine, thermodynamic analysis, mechanical energy source, capillary pump, energy accumulator.

SUMMARY

The vapor-jet engine without mechanical energy source (the engine) is a device for propulsion of a body in a vacuum. The engine is a device for propulsion of a body in a vacuum. The engine is a device for propulsion of a body in a vacuum. The engine is a device for propulsion of a body in a vacuum.

The dynamic analysis of the vapor-jet engine without mechanical energy source is carried out in this dissertation. The results of the analysis are presented in the form of graphs and tables. The analysis is carried out in the form of graphs and tables. The analysis is carried out in the form of graphs and tables.

The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method. The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method.

The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method. The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method.

The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method. The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method.

The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method. The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method.

The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method. The first variant is based on the energy balance method. The second variant is based on the energy balance method.

43472-1

AB 38.834