

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
АКАДЕМІЯ НАУК СУДНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

V Міжнародна науково-технічна конференція

8–10 жовтня 2014 р.

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова,
просп. Героїв Сталінграда, 9*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв
НУК, 2014

Источники литературы:

1. Степанов К.И., Волков О.В. Перспективы применения развитых поверхностей теплообмена в абсорбционных бромистолитиевых преобразователях теплоты // VI Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2013 г.): Материалы конференции. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – С 102-104.
2. Дрейцер Г.А. О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов. Новости теплоснабжения. – 2004. – № 5. (www.ntsnu.ru)

УДК 621.575.932:621.565.92

МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ ЦИКЛІВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛО І МАСООБМІНУ В ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ АБСОРБЦІЙНИХ ВОДОАМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН (ВАХА)

Автори: Іщенко І.М., Тітлов О.С.,
Одеська національна академія харчових технологій

Абсорбер ВАХА. Система рівнянь, які описують процеси тепло- і масообміну на елементарній ділянці має вигляд:

а) рівняння балансу маси :

$$-G_0 \cdot dY = k_A \cdot (y - y^*) \cdot \psi \cdot dF; \quad (1)$$

б) рівняння балансу тепла між потоками ПГС і ВАР :

$$G_0 \cdot c'_p \cdot dt = \alpha \cdot (\vartheta - t) \cdot \psi \cdot dF; \quad (2)$$

в) рівняння теплопередачі між потоком ВАР і навколишнім середовищем:

$$k \cdot (\vartheta - \Theta) \cdot dF' = dQ_A; \quad (3)$$

Рівняння теплового балансу на ділянці dx :

$$-G_0 \cdot q_{abc} \cdot dY = G_0 \cdot c'_p \cdot dt - G_{BAP} \cdot c_{BAP} \cdot d\vartheta + dQ_A; \quad (4)$$

де k_A — коефіцієнт масопередачі при абсорбції пари аміаку з ПГС слабким ВАР; α — коефіцієнт теплообміну між потоками ВАР і ПГС; k — коефіцієнт теплопередачі від потоку ВАР до охолоджуючого середовища; Θ — температура охолоджуючого середовища; t — поточна температура потоку ПГС; ϑ — поточна температура потоку ВАР; G_0 — масові витрати інертного газу-водню, кг/с; ψ — поверхня теплообміну, яка приходить на одиницю поверхні зіткнення фаз (цівки рідини і потоку ПГС); $dF = dx \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}$ — площа елементарної ділянки внутрішньої поверхні труби абсорбера, м²;



$dF' = dx \cdot \pi \cdot d_{\text{пар}}$ — площа елементарної ділянки зовнішньої труби абсорбера, м^2 ; $G_{\text{ВАР}}$ — поточні масові витрати ВАР, кг/с ; $C_{\text{ВАР}}$ — масова теплоємність ПГС; y — поточна масова доля аміаку в ПГС; y^* — поточна масова доля аміаку в ПГС, рівноважна з насиченою рідиною ВАР при температурі v і масовій долі аміаку y ; Y — поточна масова доля аміаку в ПГС, яка являє собою відношення маси аміаку до маси газу-носія (водню); $q_{\text{абс}}$ — питома теплота абсорбції, яка являє собою суму питомих теплот фазового переходу пари в рідину і теплоту змішування поглиненої рідини у розчинах ($q_{\text{абс}} = f(v, y)$).

У систему (1)–(4) включають і рівняння зв'язку між складом ПГС в різних формах і фазовій рівновазі ВАР, а також рівняння балансу маси між потоками робочого тіла. Рішення системи рівнянь (1)–(4) дозволяє визначити параметри потоків робочого тіла — ПГС ($G''_{\text{ПГС}}$, $y''_{\text{ПГС}}$, t'') і ВАР ($G''_{\text{ВАР}}$, $y''_{\text{ВАР}}$, v'') після їх контактної взаємодії.

Для енергетичного аналізу циклу інтерес, в першу чергу, представляють параметри потоку ПГС, зокрема міри очищення ПГС в абсорбері ($y''_{\text{ПГС}}$).

Відведення тепла абсорбції до навколишнього середовища в традиційних схемах здійснюється в режимі природної конвекції. В зв'язку з цим в системі рівнянь була додана залежність коефіцієнта теплообміну на зовнішній поверхні труби абсорбера від різниці температур.

Показано, що при збільшенні тиску в системі має місце зниження інтенсивності процесу масопереносу в абсорбері ВАХА.

Випарник ВАХА. Тепло- і масообмін в елементарній ділянці випарника dx може бути описаний системою диференціальних рівнянь :

$$G_0 \cdot dY = \beta \cdot (y^* - y) \cdot dF \quad (5)$$

$$G_0 \cdot C'_p \cdot dt = \alpha \cdot (t - \vartheta) \cdot dF \quad (6)$$

$$dQ_0 = k \cdot \psi \cdot (\theta - \vartheta) \cdot dF \quad (7)$$

де β — коефіцієнт масообміну при випаровуванні аміаку в ПГС; α — коефіцієнт теплообміну між цівкою аміаку і потоком ПГС; k — коефіцієнт теплопередачі від аміаку до охолоджувального об'єкту; ψ — поверхня охолодження, яка приходить на одиницю поверхні дотикання фаз; θ — температура об'єкту охолодження; t — поточна температура ПГС; ϑ — поточна температура випаровування аміаку; G_0 — масові витрати водню; C'_p — масова теплоємність ПГС; y — поточна масова доля аміаку в ПГС; y^* — поточна масова доля аміаку в ПГС, рівноважна з насиченою рідиною аміаку; Y — поточна масова відносна доля аміаку в ПГС, що являє собою відношення маси аміаку до маси газу-носія (водню); Q_0 — холодопродуктивність випарника; dF — площа тепломасообміну елементарної ділянки випарника dx .

Співвідношення (5) яке входить в систему диференціальних рівнянь, визначає тепло- і масообмін при випаровуванні аміаку в ПГС, рівняння (6) — теплообмін між аміаком і ПГС, рівняння (7) — теплопередачу від аміаку, що випаровується, до об'єкту охолодження. Рівняння (7) описує те-

плопередачу між аміаком, що випаровується, і об'єктом охолодження (холодильною камерою) з фіксованою температурою θ_0 .

Для знаходження шести невідомих параметрів $\vartheta, t, Q_0, Y, y, y^*$ утворюють систему з шести рівнянь. Два рівняння, яких не вистачає, виражають зв'язок між y^* і ϑ , а також між y і Y :

Виконується рішення системи (5)–(8) у разі перевірконого розрахунку випарника, коли задані його геометричні параметри діаметр ($d_{\text{вн}}/d_{\text{нар}}$) і довжина ($l_{\text{исп}}$).

Показано, що із зростанням тиску в системі ВАХА від 10 до 20 бар інтенсивність процесів тепломасообміну при випаровуванні аміаку в ПГС знижується в усьому діапазоні режимних параметрів. Так, значення коефіцієнтів масообміну знижуються в 1,75...1,78, а коефіцієнтів теплообміну — в 2,71...2,88 разів.

Генератор ВАХА. Для оцінки енергетичної ефективності режимів роботи генератора ВАХА при різних рівнях тиску в системі був проведений відповідний аналіз, при якому були враховані результати експериментальних досліджень серійних ВАХА виробництва ВЗХ з U -подібним барботажним горизонтальним ректифікатором.

Початкові дані були задані таким чином. На вхід термосифону ВАХА поступає міцний ВАР із стандартною масовою долею аміаку $y' = 0.35$ і температурою $t'_{\text{ТС}}$. Розчин містить 1 кг аміаку. З генератора при температурі кінця кипіння $t''_{\text{ТС}}$ виходить слабкий ВАР з постійною масовою долею аміаку $y'' = 0.15$ і парова суміш, зі змінною залежно від тиску в системі, масовою долею аміаку $y_{\text{см}}$. Тиск в системі змінюється від 12 до 20 бар. Практична постійність складу ВАР у робочому режимі ВАХА на вході - виході генератора забезпечується за рахунок установки спеціального каналу рідкого аміаку між конденсатором і входом випарника, що виконує роль ресивера рідкого аміаку. З урахуванням залежності термодинамічних і теплофізичних властивостей ВАР від температури і складу суміші визначена кількість пари аміаку в паровій суміші на виході генератора ($m''_{\text{х}}$). За величиною $m''_{\text{х}}$ можна судити і про холодопродуктивність і про енергетичну ефективність режимів роботи.

При розрахунку і аналізі використовувалися термодинамічні властивості ВАР у різних режимах роботи. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок про сприятливий вплив зниження рівня тиску на енергетичну ефективність генератора ВАХА. Так, при зниженні тиску від 20 бар до 12 бар питомі витрати тепла на випаровування 1 кг аміаку знижуються на 7,8 %.

Висновки

1. Показано, що при зниженні тиску в системі має місце і зниження інтенсивності процесу тепломасопереносу в абсорбері ВАХА, але за рахунок зниження витрати циркулюючої ПГС при низьких температурах зовнішнього повітря абсорбер виконує функцію очищення ПГС в КПЦ.

2. Із зростанням тиску в системі ВАХА від 15 до 20 бар інтенсивність процесів тепломасообміну при випаровуванні аміаку в парогазове сере-

довище знижується в усьому діапазоні режимних параметрів. Так, значення коефіцієнтів масообміну знижуються в 1,75...1,78, а коефіцієнтів теплообміну - в 2,71...2,88 разів.

3. При зниженні тиску в системі спостерігається і зниження питомих енерговитрат в генераторі ВАХА. Так, при зниженні тиску від 20 бар до 12 бар питомі витрати тепла на випаровування 1 кг аміаку знижуються на 7,8%.

УДК 536.24.01

ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ РАБОЧИХ ТЕЛ НА ОСНОВЕ НАНОФЛЮИДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Авторы: Железный В.П., Хлиева О.Я.,

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Повышение эколого-энергетической эффективности холодильного оборудования является одной из наиболее актуальных задач при его проектировании. Одним из направлений развития холодильной техники, реализация которого способствует экономии энергетических ресурсов, является внедрение нанотехнологий при создании новых альтернативных рабочих тел и теплоносителей на базе уже применяемых в холодильной технике веществ. Реализация этого направления позволит уменьшить материалоемкость и стоимость компрессоров и теплообменных аппаратов, повысит конкурентоспособность на рынке производимого холодильного оборудования.

Как известно, основу нанофлюидов составляют базовая жидкость и наночастицы размером менее 100нм из какого-либо высокотеплопроводного материала (металлы, окислы металлов, углерод в виде нанотрубок или фуллеренов). Основной технологический принцип получения новых нановеществ для холодильной техники состоит в ультразвуковом диспергировании растворов состоящих из базовых веществ (хладагентов, теплоносителей, компрессорных масел) и наночастиц с добавлением поверхностно-активных веществ (ПАВ). Очевидно, что при введении наночастиц и ПАВ изменяются теплофизические свойства наножидкостей по сравнению с базовыми, что и определяет новые перспективы их применения в холодильном оборудовании.

Присутствие примесей наночастиц в растворах хладагент/масло приводит к повышению давления насыщенных паров растворов хладагентов в наномаслах [1], этот эффект способствует увеличению плотности паров хладагента в картере компрессора, что, при неизменном объемном расходе компрессора, позволит увеличить удельную холодопроизводительность и холодильный коэффициент оборудования. Однако при этом увеличится и работа сжатия в компрессоре.