

Крім того, вищезазначені дослідження надають можливості визначити оптимальні концентрації та час оброблення водними екстрактами лікарських рослин кишкового фабриката.

Список літератури

1. Пат. 1183040. ССРСР, МКИ⁶ А22С17/14. Состав для обработки фабриката кишок / Т.Д. Кирилина, Н.М. Крехов, Л.И. Морозова, М.М. Андрианова, В.И. Хачиянц, Л.Н. Бондарева, Р.М. Вафина: Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мяс. пром-ти. – №3656353/28-14; заявл. 28.07.1983; опубл. 07.10.1985, Бюл. №37.
2. Пат. 59975 України, МПК 7 А22С17/14, А22С13/00. Состав для обробки фабриката кишок / Л.Ю. Шубіна, В.М. Онищенко, В.С. Кривіч: ХДАТОХ. – № 2003010033; заявл. 02.01.2003; опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.
3. Саркисова Д.С. Микроскопическая техника: руководство / Д.С. Саркисова, Ю.Л. Перова. – М.: Медицина, 1996. – 544 с.
4. Руководство пользователя программы ВидеоТест-Морфология 5.1. – СПб., 2009. – 336 с.

УДК 621.564

Ясинський С.П., Хмельнюк М.Г., д-р техн. наук, проф.,
Федорів О.Г., канд. техн. наук, доц. (ОДАХ, Одеса)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПРЕСОРА НА НОВИХ СУМІШАХ НА ОСНОВІ АМІАКУ

У статті розглянуто застосування сумішею аміаку з ізобутаном (R600a) та дифторетаном (R152a). Досліджені суміші дозволяють підвищити енергетичну ефективність і поліпшити експлуатаційні характеристики циклів холодильних машин.

Ключові слова: *аміак, суміш, робоча речовина, концентрація, компресор, термодинамічна ефективність.*

Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Аміак, незважаючи на багаторічний тріумф синтетичних холодоагентів, був і залишається лідером у промисловому холоді. Більше 80% промислових холодильників у світі працюють на аміаку. У Європі надаються податкові бонуси інвесторам, які створюють аміачні холодильні установки. У Німеччині наглядові органи не контролюють використання систем, що містять менше 3 т аміаку. За нинішнього рівня холодильного машинобудування, коли на 1 кВт холоду витрачається 50-100 г аміаку, подібні дозволи практично звільняють від нагляду всі можливі системи промислового штучного холоду.

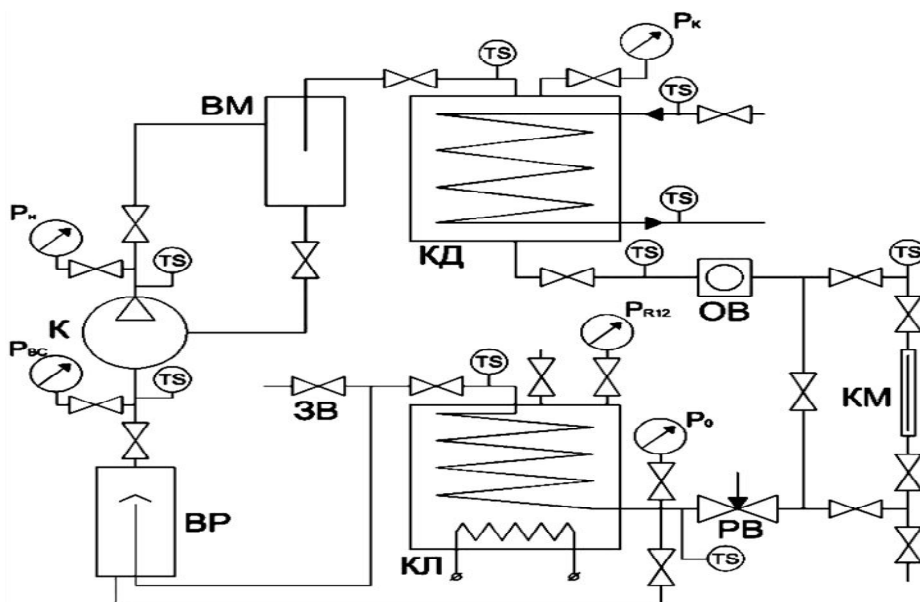
Аміак, вуглеводні та діоксид вуглецю почали застосовувати в циклах теплових насосів. Ринок теплових насосів сьогодні є дуже перспективним, оскільки реально знижує емісію парникових газів у еквіваленті CO₂ на мільйони тонн, порівняно з традиційним опаленням.

Аміак має незаперечні переваги, порівняно з фреонами, завдяки своїй високій теплоті фазового переходу і низькій вартості. Однак у аміаку є і деякі недоліки, що перешкоджають його широкому застосуванню: несумісність з міддю, горючість, токсичність, незадовільна розчинність в традиційних мастилах і висока температура кінця стиснення. Однак всі його негативні властивості можуть бути усунені.

Одним із найбільш перспективних напрямків, що дозволяє підвищити показники аміачних холодильних машин, є формування нових робочих речовин (сумішей) на основі аміаку. Для поліпшення властивостей робочих речовин було запропоновано застосування сумішей аміаку з холодоагентами, що мають низькі значення ODP і GWP. Як показує попередній аналіз, різні добавки хладонів до аміаку дозволяють збільшити енергетичну ефективність холодильних машин, знизити термонапруженість компресора, забезпечити розчинність робочої речовини в мінеральних мастилах і знизити робочі температури у випарнику.

Як робоча речовина нами запропоновано використання суміші R717/R152a. У результаті проведених експериментальних досліджень теплофізичних властивостей суміші було знайдено P-T-x залежність, визначено температуру кипіння суміші в усьому діапазоні концентрацій, а також встановлено азеотропну концентрацію суміші [3].

Для дослідження енергетичних та експлуатаційних характеристик холодильної машини при роботі на сумішах, що досліджувались, було спроектовано калориметричний стенд (рисунок 1). Стенд працює за повним циклом одноступінчастої холодильної машини із використанням калориметра із вторинним холодильним агентом.



К – компресор; ВМ – відділення мастила; КД – конденсатор; ОВ – оглядове вікно; КМ – прилад для визначення концентрації мастила; РВ – регулювальний вентиль; КЛ – електрокалориметр; ВР – відділення рідини; ЗВ – заправний вентиль; TS – термомпари.

Рисунок 1 – Схема експериментального стенда

Головний об'єкт дослідження – компресор Вокс F2-NH3, який складається з 2-х циліндрів, із діаметрами поршнів 45 мм, ходом поршнів 38 мм, частота обертів вала компресора становить близько 940 об/хв.

Експеримент проводився відповідно до стандарту ISO 917. Електрична схема живлення дозволяла здійснювати ступінчасту зміну потужності, підведеної до вторинного холодильного агента. Вимірювання потужності електрокалориметра й електродвигуна компресора здійснювалося за допомогою вимірювальних комплектів К-506. Температура холодильного агента та води для охолодження конденсатора вимірювалася мідь-константановими термопарами. Тиск агента в системі та вторинного агента вимірювався манометрами класу точності 1,5. Температуру навколишнього повітря – термометром із ціною поділки 0,1 К. Температура навколишнього повітря підтримувалася на рівні 20°C за допомогою припливно-витяжної вентиляції. У цій схемі стенда було використано водяний кожухозмійовиковий конденсатор. Калориметр являє собою ємність, заповнену холодоагентом R12, в яку занурені електричні нагрівальні елементи та випарник холодильної машини. Частоту обертання вала двигуна та компресора вимірювали цифровим тахометром.

У процесі дослідження суміші R717/R600a маса заправлення системи аміаком становила 700 г у температурному режимі $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К. Експеримент проводився на чистому аміаку та сумішах із різною масовою концентрацією R600a, таких як: 10, 30, 50, 70, 90, 100 мас. %. Дослідження проходило за температури кипіння $T_0 = 253,15$ К; 248,15 К; 243,15 К.

За дослідження суміші R717/R152a маса заправлення системи аміаком становила 900 г у температурному режимі $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 263,15$ К. Експеримент проводився на чистому аміаку та сумішах із різною масовою концентрацією R152a, таких як: 10, 30, 50, 70, 90, 100 мас. %. Дослідження проходило за температур кипіння $T_0 = 263,15$ К; 253,15 К; 243,15 К.

Експерименти проводилися за постійної температури конденсації $T_k = 303,15$ К. Перегрівання агента на всмоктуванні в компресор становило 10 К.

На рисунках 2 і 3 зображені графіки залежності тиску кипіння та конденсації сумішей R717/R152a і R717/R600a від мольної концентрації. Як видно з графіків, тиск сумішей зростає до концентрації аміаку в суміші 0,5-0,8 моль/моль, потім спостерігається зниження тиску.

На рисунку 4 зображено графік залежності мольної концентрації від масової для сумішей R717/R152a та R717/R600a.

Нижче наведені графіки в температурному режимі $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К, які допоможуть визначити концентрації сумішей із найкращими енергетичними й експлуатаційними характеристиками роботи компресора.

На рисунках 5-7 відображені графіки зміни енергетичної ефективності роботи компресора на сумішах, що досліджувались. Як видно з графіків 5 і 6, холодопродуктивність й ефективна потужність компресора зростають до 45-50 мас. % для R600a та R152a, потім спостерігається зниження.

З рисунка 7 видно, що для температурного режиму $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К суміш R717/R152a має максимальний холодильний коефіцієнт за концентрації R717/R152a (50/50), кг/кг, що пояснюється наявністю азеотропу за цієї концентрації.

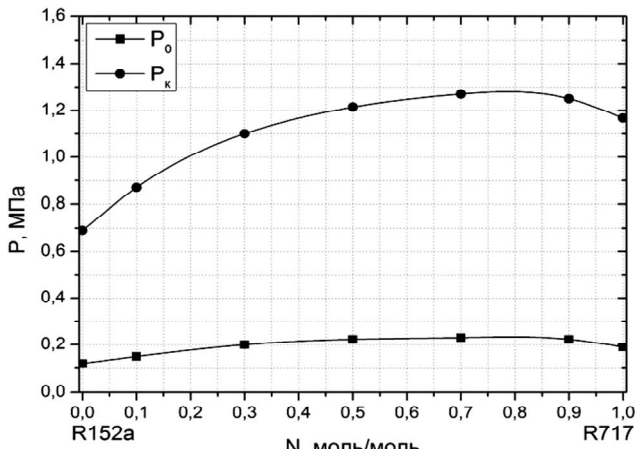


Рисунок 2 – Залежність тиску кипіння та конденсації від концентрації суміші R717/R152a за $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К

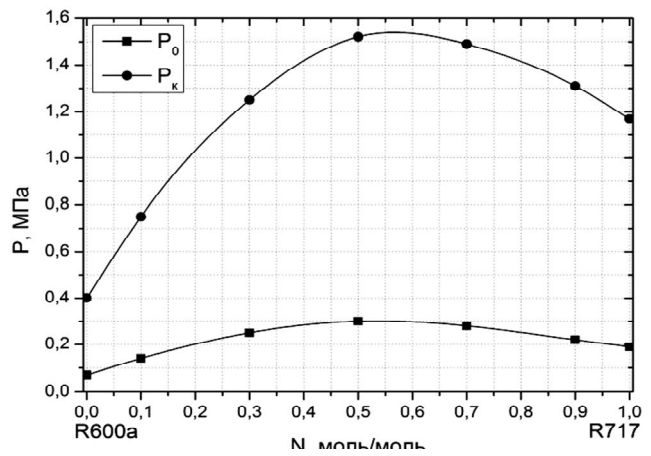


Рисунок 3 – Залежність тиску кипіння та конденсації від концентрації суміші R717/R600a за $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К

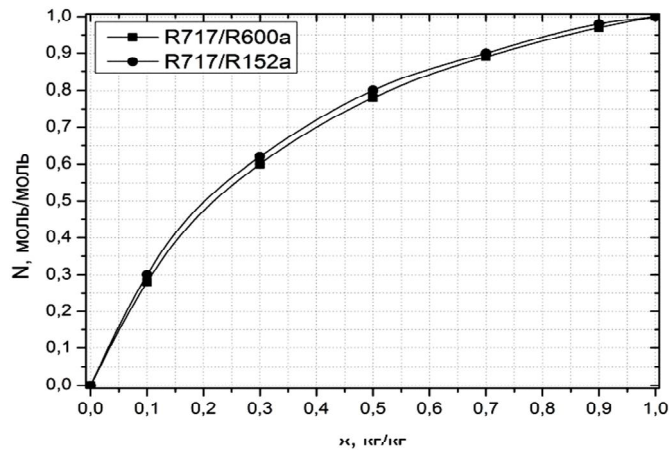


Рисунок 4 – Залежність мольної концентрації сумішей від масової

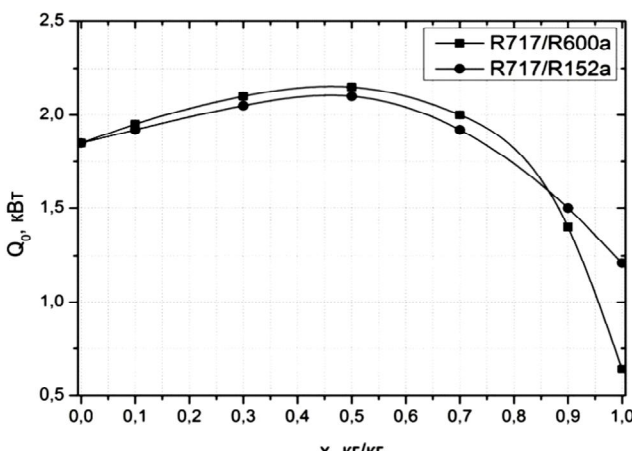


Рисунок 5 – Залежність холодопродуктивності від концентрації сумішей за $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К

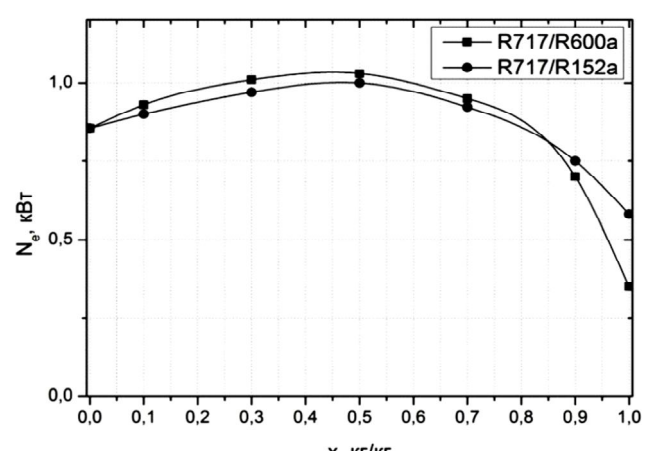


Рисунок 6 – Залежність ефективної потужності компресора від концентрації сумішей за $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К

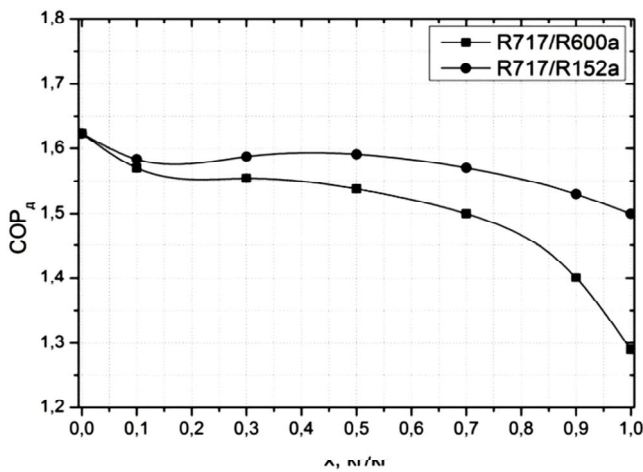


Рисунок 7 – Залежність холодильного коефіцієнта від концентрації сумішей за $T_k = 303,15 \text{ K}$, $T_0 = 253,15 \text{ K}$

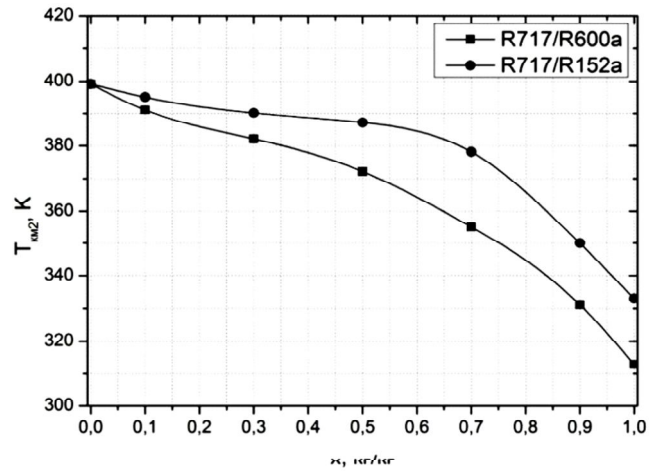


Рисунок 8 – Залежність температури кінця стиснення компресора від концентрації сумішей за $T_k = 303,15 \text{ K}$, $T_0 = 253,15 \text{ K}$

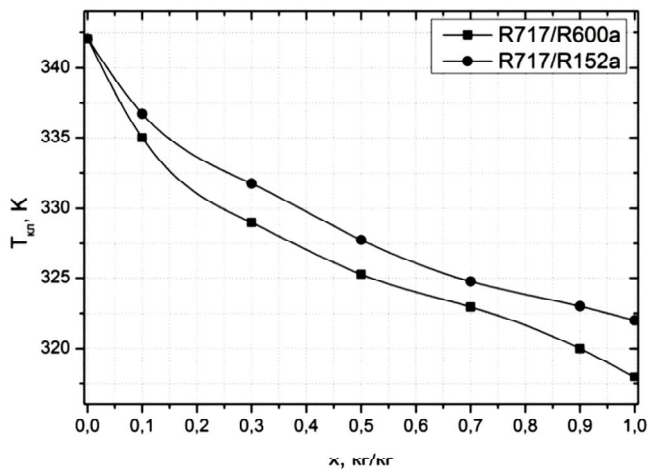


Рисунок 9 – Залежність температури клапанної кришки компресора від концентрації сумішей за $T_k = 303,15 \text{ K}$, $T_0 = 253,15 \text{ K}$

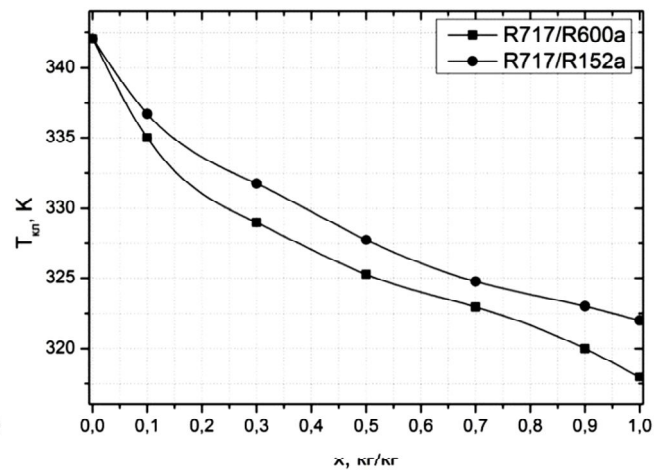


Рисунок 10 – Залежність температури мастила в компресорі від концентрації сумішей за $T_k = 303,15 \text{ K}$, $T_0 = 253,15 \text{ K}$

При цьому найкращі характеристики показує суміш R717/R152a (50/50), кг/кг, за якої холодопродуктивність підвищується більш ніж на 12%, а холодильний коефіцієнт при цьому знижується менш ніж на 1%. Для суміші R717/R600a максимальне підвищення холодопродуктивності в 14% досягається за концентрації R717/R600a (50/50), кг/кг, при цьому холодильний коефіцієнт знижується на 5%.

Як видно з графіків, зображених на рисунках 8-10, термонапруженість компресора знижується з підвищенням концентрації R600a та R152a в суміші. Так, наприклад, за концентрації суміші R717/R152a (50/50), кг/кг температура кінця стиснення компресора знизилася на 12 К, температура клапанної кришки компресора – на 15 К, температура мастила в компресорі – на 6 К. За концент-

рації суміші R717/R600a (50/50), кг/кг температура кінця стиснення компресора знизилася на 27 К, температура клапанної кришки компресора – на 17 К, температура мастила в компресорі – на 8 К.

Під час роботи експериментального стенда було проведено вимірювання концентрації мастила ХА-30. Пристрій для вимірювання концентрації мастила перебуває в контурі холодильної машини між конденсатором і регулювальним вентиляем, і являє собою трубку, яка відсікається від холодильного контуру двома вентилями. Таким способом проводився відбір суміші холодоагент-мастило, яка циркулює в холодильному контурі. Потім масовим методом визначалася концентрація мастила. За роботи холодильної машини на чистому аміаку концентрація мастила в контурі була відсутньою. За додавання запропонованих речовин у системі спостерігалася циркуляція мастила. Уміст мастила в сумішах за різних концентрацій і температурного режиму $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К зображено на рисунку 11.

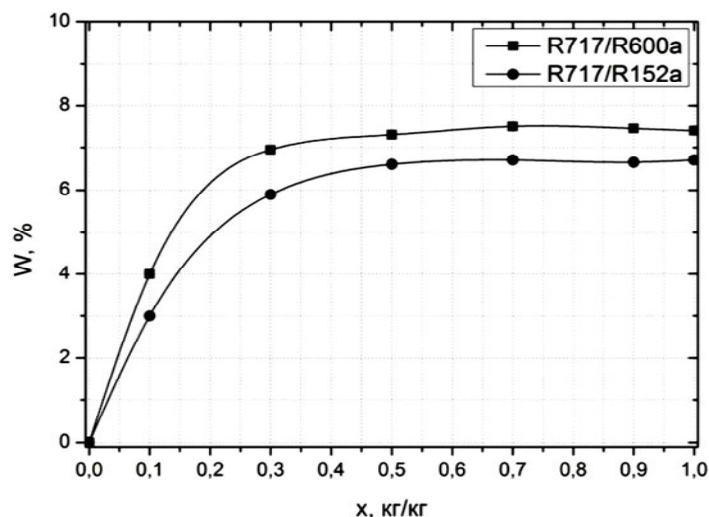


Рисунок 11 – Залежність концентрації мастила в робочій речовині від концентрації компонентів сумішей за $T_k = 303,15$ К, $T_0 = 253,15$ К

Висновки. Як показав експеримент, додавання холодоагентів R152a і R600a до аміаку призводить до зростання енергетичної ефективності роботи компресора. Найбільш високі характеристики компресора спостерігаються при роботі на сумішах R717/R152a (50/50), кг/кг і R717/R600a (50/50), кг/кг.

Термонапруженість компресора (температури кінця стиснення, мастила, клапанної кришки) знижуються зі зростанням концентрації R152a і R600a у сумішах.

Концентрація мінерального мастила в робочій речовині зростає зі збільшенням кількості R152a і R600a у суміші і, починаючи з концентрацій R717/R152a (70/30), кг/кг та R717/R600a (70/30), кг/кг, набуває стабільного характеру та лежить у межах 6-8 %.

Ураховуючи енергетичні й експлуатаційні характеристики сумішей, що досліджувались, можна зробити висновок, що суміші R717/R152a (50/50), кг/кг

та R717/R600a (50/50), кг/кг є ефективними робочими речовинами та можуть бути рекомендовані для використання в аміачних холодильних машинах.

Список літератури

1. Khmelnyuk M. Binary mixtures of alternative and natural refrigerants: thermodynamic and phase behaviour / M. Khmelnyuk, V. Vozny, V. Mazur // Proc. International Congress of Refrigeration. – Washington, 2003. – ICR 0212.
2. Binary mixtures of alternativ and natural refrigerants on the basis of ammonia / M. Khmelnyuk [etc.] // Proc. Int. Conf. On Ammonia Refrigerant Technology for Today and Tomorrow, 2007, April 19-21. – Ohrid (Macedonia), 2007.
3. Хмельнюк М.Г. Исследование фазового равновесия смеси R717/R152a / М.Г. Хмельнюк, С.В. Артеменко, С.П. Ясинский // Холодильна техніка і технологія. – 2012. – № 3. – С. 29-33.
4. Хмельнюк М.Г. Определение типа фазового равновесия смеси холодильных агентов на основе аммиака / М.Г. Хмельнюк, В.О. Шевченко, И.Г. Чумак // Холодильна техніка і технологія. – 2006. – № 4 (102). – С.13-17.
5. Хмельнюк М.Г. Энергетическая эффективность холодильных машин, работающих на смесях на основе аммиака / М.Г. Хмельнюк // Холодильная техника и технология. – 1999. – Вып. 61. – С. 53-56.