

Технічний документ

Модернізація та холодоагенти з великим температурним глайдом

Бюлетень компанії Danfoss

Підготували: Норберт Блатз (Norbert Blatz), менеджер з удосконалення систем,
Джон Браунтон (John Broughton), експерт з систем охолодження продуктів на торгових підприємствах,
Расмус Дамгаард Поульсен (Rasmus Damgaard Poulsen), спеціаліст, кандидат хімічних наук,
Тьєррі Легай (Thierry Legay), менеджер з удосконалення систем.
Підрозділ Danfoss Cooling, вересень 2016 р.

У цій збірці буде надано як загальну, так і детальну інформацію про модернізацію холодильних систем та холодоагенти з високим температурним глайдом у залежності від сфери застосування.

Оскільки ця тема буде актуальною у сфері охолодження та кондиціонування повітря впродовж декількох років, цю збірку створено якомога більш узагальненою. Тому кожен з наведених прикладів слід брати в якості нейтрального прикладу лише для розгляду технічних аспектів.

Компанія Danfoss пропонує широкий асортимент продуктів для холодоагентів з низьким потенціалом глобального потепління (низьким ПГП). Зверніться до представника компанії Danfoss для отримання оновленої інформації.

Розмова про модернізацію стосується лише існуючих систем, які мають бути прилаштовані для альтернативного холодоагенту. Причинами роздуму над модернізацією можуть бути наступні моменти:

1. Тип використовуваного холодоагенту більше не дозволяється використовувати.
2. Тип холодоагенту більше не випускається.
3. Заміна всієї системи є занадто дорогою.

Завжди необхідно враховувати те, що нова система з сучасним холодоагентом та низьким значенням ПГП має бути ефективнішою і мати нижчу вартість експлуатації ніж стара система.

1. Швидка перевірка перед модернізацією (Норберт Блатз)

Перш, ніж розпочати модернізацію системи, необхідно перевірити, чи можна заправити систему холодоагентом у необхідному об'ємі. Можливо, потрібно буде зробити деякі додаткові зміни.

2. Заміна холодоагенту; хімічна сумісність компонентів (Расмус Дамгаард Поульсен)

Продовження «Швидкої перевірки» та детальніша інформація про те, які варіанти розвитку ситуації є можливими при модернізації системи, та що це означає для компонентів і матеріалів.

3. Процедура модернізації системи (Норберт Блатз, Тьєррі Легай)

Поетапні інструкції з процесу модернізації системи. Приклад системи малої продуктивності, яку у більшому масштабі може бути перетворено на складнішу систему.

4. Модернізація систем з холодоагентами з температурним глайдом (Норберт Блатз, Джон Браунтон)

Більшість холодоагентів, які використовуються для модернізації, а також для розробки нової системи, відносяться до типів, які є сумішами та мають відносно великий температурний глайд.

Буде надано детальну інформацію про те, що це таке, та що це означає для системи і сфери застосування, а також це питання буде розглянуто з точки зору практики, наскільки це можливо.

1. Швидка перевірка перед модернізацією

Підготував Норберт Блатз, менеджер з удосконалення систем

Компресор:

- Чи може компресор працювати з новим холодоагентом?
- Перевірте наскільки зміниться холодопродуктивність.
- Чи область використання все ще є придатною? Перевірте граничні значення температури та тиску.
- У більшості випадків заправлену оливу має бути замінено новою.

Конденсатор:

- Перевірте, чи буде потужність конденсатора відповідати новій продуктивності компресора. Холодоагенти з температурним глайдом потребують більшої поверхні у зв'язку з меншою середньою різницею температур. Це може викликати збільшення температури конденсації.

Випарник:

- Перевірте, що продуктивність і експлуатаційні характеристики все ще відповідають вимогам щодо зберігання продукції, з точки зору підтримання вологості. Холодоагенти з температурним глайдом можуть спричинити вищий рівень осушення.

Клапани:

- Електромагнітні клапани та інші типи клапанів з гумовими прокладками повинні бути оснащені новими прокладками. Причина полягає в тому, що, як правило, олива/холодоагент можуть потрапити в матеріал та викликати здуття. З додаванням нової оливи / холодоагенту старий вміст буде змито, прокладка більш не буде герметичною, та через деякий період часу спричинить витік.

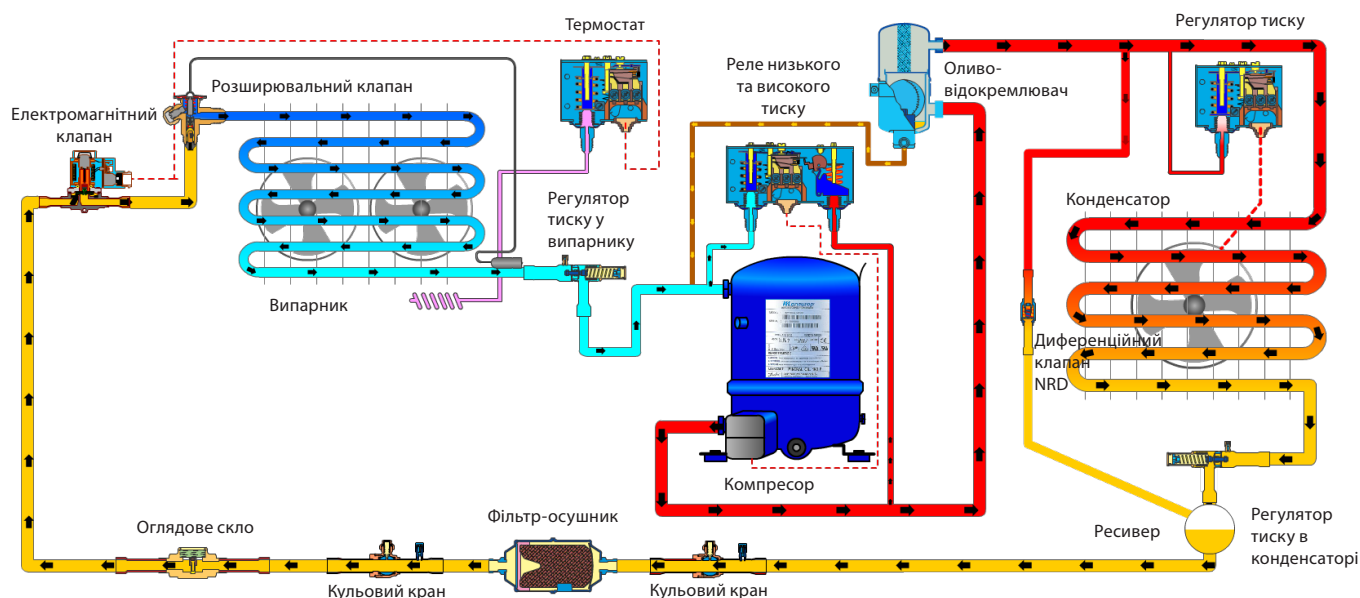
- Термостатичні розширювальні клапани або клапани, які мають термостатичний елемент, що заправлений для певного типу холодоагенту, не можуть бути використані з іншим новим типом холодоагенту. В якості першої способи можна порівняти криву залежності тиску від температури старого та нового холодоагентів. Якщо клапан можна відрегулювати, та різниця настроювання за бажаної температури системи становить не більше ніж на 3 K, регулювання відповідно до нових умов можливе. У разі будь-яких сумнівів уточніть у персоналу компанії Danfoss.
- Для інших регулюючих клапанів, таких як клапани регулювання тиску, може бути потрібне повторне настроювання. Перевірте, щоб діапазон налаштування клапана та максимальний робочий тиск системи залишалися в обумовлених рамках з новим холодоагентом.

Трубопровід:

- Перевірте розміри трубопроводу. Новий холодоагент може мати іншу щільність та значення ентальпії (теплотності). Це призводить до зміни швидкостей та падіння тиску при збереженні існуючого трубопроводу. Критичними точками можуть бути лінія всмоктування та лінія повернення оливи!

Регулятор:

- Перевірте, чи потрібне налаштування контролера. Налаштування контролера перегріву повинне забезпечувати підтримання параметра з новим типом холодоагенту. Можливо також буде потрібно змінити інші задані значення температури або тиску.



2. Заміна холодоагенту; хімічна сумісність компонентів

Підготував Рasmus Дамгаард Поульсен, спеціаліст, кандидат хімічних наук

Модернізація систем охолодження в цьому контексті визначається як заміна холодоагенту та (або) оливи у поточній працюючій системі. Добре відомо, що можливі наслідки переважно стосуються сумісності ущільнень, що призводять до витоків або несправності системи, а також налаштування окремих вузлів (наприклад, розширювальних пристроїв та інших компонентів, що використовуються у системі). У цьому пункті зосереджено увагу на питаннях сумісності матеріалів, які можуть виникнути під час модернізації компонентів у системах охолодження. Не розглядаються питання, що стосуються компресорів, зміни продуктивності та ефективності у зв'язку з новими термодинамічними характеристиками або зміни функціональних можливостей, таких як регулювання перегріву на розширювальних пристроях, зміна вологості.

Питання сумісності полягає в тому, що зміна хімічного складу при переході з однієї суміші холодоагенту та оливи на іншу призведе до істотних змін експлуатаційних характеристик ущільнень, що призводять до витоків або порушення роботи

компонентів Danfoss. З технічної точки зору ризик стосується переважно змін об'єму та питань ступеню стиснення для стандартного не динамічного ущільнення, де серед інших параметрів також мають значення такі властивості, як твердість, клейкість, подовження, здатність працювати при максимальній та мінімальній температурі.

Ризик є добре відомим, та виробники ущільнень і холодоагентів для модернізації зараз вказують, що у разі модернізації всі ущільнення повинні бути замінені. Також добре відомо, що для більшості ущільнень, які використовуються у системах охолодження, різні типи оливи можуть спричинити різний вплив відносно зміни властивостей ущільнювального матеріалу. Загальна проблема при виконанні модернізації полягає в тому, що зміна може призвести до того, що частинки та залишки, які до модернізації тримались у системі, можуть відокремитися у нових умовах. Вони можуть змінити колір або викликати небажані механічні проблеми у модернізованій системі.

Якщо розглядати модернізацію, існують три основні варіанти (типи модернізації 1, 2 та 3), на які необхідно посилалися стосовно питань несумісності:

Тип модернізації	Тип холодоагенту	Тип оливи	Стислий опис зміни властивостей	Оцінка ризику
1	3 ГФВ на ГФВ / ГФО	3 ПОЕ на ПОЕ 3 ПВЕ на ПВЕ	Попередній холодоагент та холодоагент для модернізації мають однакові властивості відповідно до хімічного складу	Дуже низький
2	3 ГХФВ на ГФВ / ГФО	3 МО на МО 3 АБ на АБ	Попередній холодоагент та холодоагент для модернізації мають різні властивості відносно хімічного складу	Незначний
2	3 ГХФВ на ГФВ / ГФО	3 МО на ПОЕ / ПВЕ 3 АБ на ПОЕ / ПВЕ	Попередній холодоагент та холодоагент для модернізації мають різні властивості відносно хімічної сумісності з ущільненнями. Заміна оливи може призвести до зміни властивостей.	Значний

Примітка. Вищевказана оцінка ризику дійсна лише в тому випадку, якщо було виконано повну заміну ущільнень.

Детальну оцінку описано далі.

Примітка. Повна назва: гідрохлорфторвуглець (ГХФВ); гідрофторвуглець (ГФВ); гідрофторолефін (ГФО); поліолефір (ПОЕ); полівінілефір (ПВЕ); мінеральна олива (МО); алкілбензол (АБ)

Заміна холодоагенту; хімічна сумісність компонентів (продовження)

Тип модернізації 1

Заміна холодоагентів зі схожими сумісними властивостями та оливою, тип якої залишається таким же самим.

- При заміні холодоагенту не буде змінено властивості ущільнювального матеріалу, і не буде значних ризиків.
- Тип модернізації може бути «з ГФВ на ГФВ / ГФО» при збереженні типу оливи ПОЕ. Ризик може розцінюватися як малий, якщо характеристики температури та тиску є однаковими.
- При заміні ущільнень ризик є низьким, оскільки видаляється весь холодоагент. Реакція будь-якої оливи, яка залишилася в системі, буде аналогічною реакції нової оливи для модернізації, якщо стару оливу не було розшаровано або зіпсовано у старій системі.
- Ризик ускладнень є дуже низьким, що також підтверджується фактичними даними отриманими попередньо.

Тип модернізації 2

Заміна холодоагентів з відмінними властивостями та оливою, тип якої залишається таким же самим.

- Заміна холодоагенту може викликати питання стосовно дегазації (зменшення в об'ємі) або надмірного здуття матеріалу ущільнень при модернізації.
- Тип модернізації може бути «з ГХФВ на ГФВ / ГФО» при збереженні типу оливи МО. Ризик може розцінюватися як малий, якщо характеристики температури та тиску є однаковими.
- Однією з найсерйозніших проблем на поточний момент є використання ущільнень з великою кількістю пом'якшувачів, котрі можуть бути змиті первинним холодоагентом, і також при зворотній ситуації з холодоагентом для модернізації. Ризик несправності або витoku полягає в здатності холодоагенту для модернізації діяти аналогічно попередньому холодоагенту для забезпечення загального хімічного складу системи.
- При заміні ущільнень ризик є низьким, оскільки видаляється весь холодоагент. Реакція будь-якої оливи, яка залишилася в системі, буде аналогічною реакції нової оливи для модернізації, якщо стару оливу не було розшаровано або зіпсовано у старій системі.
- Ризик ускладнень є незначним, що також підтверджується даними за минулі періоди.

Тип модернізації 3

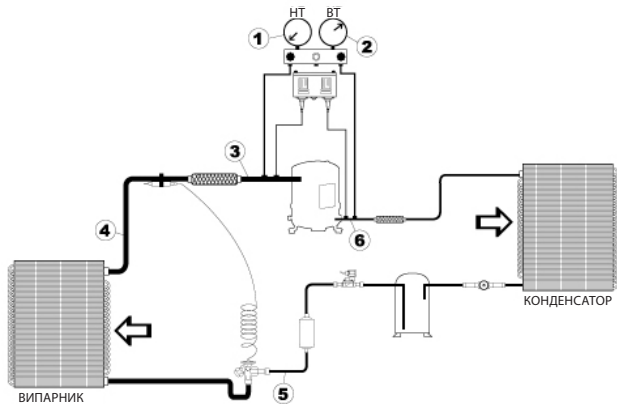
Заміна холодоагенту і типу оливи, на варіанти з відмінними властивостями.

- При заміні буде змінено властивості ущільнювального матеріалу, що призводить до значних ризиків.
- Тип модернізації може бути «з ГХФВ на ГФВ / ГФО», а тип оливи змінюється з МО на ПОЕ. Ризик може розцінюватися як значний та високий, якщо характеристики температури та тиску не є однаковими.
- При заміні ущільнень ризик є низьким, якщо видаляється весь холодоагент.
- Проблема полягає у несумісності при наявності у системі двох типів оливи та мають різну сумісність з ущільнювачем матеріалом. Отже, навіть якщо хімічний склад системи може бути придатним для використання ПОЕ-оливи з ГФВ- / ГФО-холодоагентом, наявність оливи типу МО може викликати інші зміни в проблеми сумісності ущільнювального матеріалу, що призводить до витоків або несправності. З цієї причини також необхідно використовувати відповідний термостатичний розширювальний клапан, а також індикатор вологості та фільтр, оскільки олива, що не змішується, може призвести до зміни механічних та хімічних властивостей.
- У разі заміни ущільнень та холодоагенту відповідно до вищевказаного, значним ризиком є заміна типу оливи. Якщо можлива 100 % заміна оливи, ризик буде таким же незначним, як для типу модернізації 2. Проте в реальності, часто неможливо замінити весь об'єм оливи. Запобіжні заходи, наприклад, покращена лінія повернення оливи, можуть зменшити ризик циркуляції суміші оливи через усю систему; проте забезпечення цього залежить від конкретної системи та як таке, є невідомим.
- Крім того, деякі холодоагенти для модернізації містять деяку кількість вуглеводнів, з якими змішується МО. З теоретичної точки зору це повинно потім призвести до можливого переміщення оливи типу МО в системі.
- Ризик ускладнень є значним, оскільки існує багато різних варіантів розвитку ситуації, які мають відношення до збільшення кількості замінюваної оливи у відсотках, а також до типу холодоагенту для модернізації. Попередні дані відсутні. Крім того, зміни характеристик системи, таких як температура та тиск, можуть підвищити ризик.

3. Процедура модернізації системи

Підготував Норберт Блатз, менеджер з удосконалення систем

Етап 1. Контроль робочих параметрів



Виміряйте:

1. Тиск усмоктування в компресорі.
2. Тиск нагнітання в компресорі.

Виміряйте:

3. Температуру всмоктування в компресорі (тобто загальний перегрів).
4. Температуру всмоктування на виході з випарника (тобто перегрів у випарнику).
5. Температуру рідини на вході в розширювальний клапан (тобто переохолодження рідини).
6. Температуру нагнітання в компресорі.

Виміряйте:

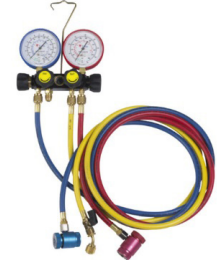
7. Напругу та струм живлення.
8. Перевірте подачу холодоагенту у випарник по кожній розподільній трубі (ретельно перевірте труби на наявність відкладень бруду та відстою).

Важливі примітки.

- Системи, що заправлені займистими холодоагентами (класи безпеки A2, A2L, A3), повинні експлуатуватися та обслуговуватися відповідно до існуючої практики, з внесенням змін щодо використовуваних інструментів, обладнання та процедур. Інженери, що працюють з системами, в яких використовується займистий газ, повинні пройти належну підготовку!
- Інструменти повинні бути розраховані на використання у зоні 2 або пройти відповідне випробування на використання з займистими холодоагентами.
- Робоча зона повинна добре вентилуватися та не містити джерел займання у межах 3 м від системи. На місці виконання робіт повинен знаходитися порошковий або вуглекислотний вогнегасник.
- Перш ніж відкрити систему, з неї необхідно повністю видалити займистий холодоагент та продути систему азотом.

Етап 2. Видалення заправленого холодоагенту

Необхідно використовувати обладнання для утилізації холодоагенту.



- Закрийте відсічний клапан рідинного ресивера або будь-який компонент рідинної лінії, для відкачування.
- Дайте системі попрацювати, доки реле низького тиску не вимкне компресор.
- Вимкніть головний автоматичний вимикач.
- Ізолюйте (якщо можливо) сторону високого тиску компресора від системи, закривши нагнітальний клапан типу «rotolock».
- Видаліть холодоагент зі сторони високого тиску через будь-який штуцер або клапан.
- Після перекачування холодоагенту зі сторони високого тиску в балон для утилізації, відкрийте сторону низького тиску.
- Запишіть масу зібраного холодоагенту.

Процедура модернізації системи (продовження)

Етап 3. Зливання оливи з компресора



- Відкрийте всмоктувальний патрубок або оглядове скло (якщо воно є).
 - Повільно переверніть компресор на бік та злийте оливу через усмоктувальний патрубок компресора або через відкрите оглядове скло.
 - Примітка. Спіральний компресор великої потужності обладнано штуцером для зливу оливи, і тому з нього можна злити мастильну оливу у вертикальному положенні. Задля цього, збільшіть тиск на низькій стороні компресора (використовуючи сухий азот).
 - За необхідності візьміть пробу оливи для аналізу (тобто в працюючій системі).
 - Перш ніж встановити компресор на місце або поставити оглядове скло, замініть старі прокладки на нові (прокладки на всмоктувальному та нагнітальному патрубках, прокладку на оглядовому склі). Перевірте стару мастильну оливу на вміст кислоти, використовуючи випробувальний комплект.
 - Встановіть новий фільтр-осушник. Якщо випробування показало наявність в оливі кислоти, необхідно використовувати антикислотний фільтр, наприклад, «DAS» або «DCR-DA».
- Антикислотний фільтр необхідно прибрати через декілька днів роботи, коли з системи буде видалено кислоту.

Важливо:

В системі (трубах, теплообміннику тощо) може залишитися невелика кількість оливи, котру не можна видалити в результаті цього процесу. Для зменшення кількості старої оливи рекомендується замінити оливу ще раз, через декілька днів роботи.

Етап 4. Мастильна олива: інструкції з заправлення

У наступній процедурі описується порядок додавання мастильної оливи в компресори, що встановлені у системі.

1. Початкові дії та необхідне обладнання



- Відкачайте сторону низького тиску компресора до атмосферного тиску. Постарайтеся не створити вакуум, щоб не допустити потрапляння повітря та вологи всередину компресора під час процедури заправлення.
- Використовуйте нову герметично запечатану каністру з мастильною оливою та ручний оливний насос. Шланг насоса повинен мати розмір 1/4" для з'єднання та містити натискач на кінці, який буде відкривати клапан сервісного штуцера Шредера, розташованого на компресорі.
- Дозволений тип мастильної оливи вказано на заводській табличці компресора. Переконайтеся в тому, що вміст каністри з оливою відповідає типу мастильної оливи, вказаному на заводській табличці компресора.

2. Продування насоса та шланга



- Ручний насос (аналогічний показаному на ілюстрації) вставляється в каністру з оливою – при цьому переконайтеся, що насос чистий (у найостанніший момент), щоб каністра знаходилася сполученою з атмосферою мінімальну кількість часу (за наявності використовуйте пробку з перехідником для зменшення впливу атмосфери на оливу).

Процедура модернізації системи (продовження)

- Декількома ходами поршня насоса відкачайте усе повітря з насоса та шланга. Продування насоса є необхідним, щоб видалити зі шланга насичену вологою оливу, що залишилася всередині після попереднього використання.
- Під'єднайте шланг до штуцера Шредера, розташованого на компресорі, відразу після його продування, щоб запобігти потраплянню вологи.

3. Закачування мастильної оливи в компресор



- Закачайте в компресор розраховану кількість мастильної оливи або закачайте її доти, доки оглядове скло не покаже правильний рівень.

Примітка. Коли компресор, який не оснащено оглядовим склом, втрачає надмірну кількість мастильної оливи, її рівень не можна виміряти або побачити. Єдиний спосіб переконатися в тому, що в компресор залито потрібну кількість оливи, – це злити оливу з компресора та повторно заправити його новою мастильною оливою.

У цьому випадку компресор потрібно від'єднати від системи.

Додаткові рекомендації

- Після додавання оливи дайте компресору попрацювати з повним навантаженням протягом 20 хвилин та знову перевірте рівень оливи в оглядовому склі. Цей рівень повинен знаходитися між позначками $\frac{1}{4}$ та $\frac{3}{4}$.
- Будьте обережні та не додавайте більшу кількість оливи, ніж потрібно. У разі надлишку оливи можуть виникнути наступні несприятливі умови:
 - пошкодження клапанів та поршнів або спіралей в результаті гідравлічних ударів;
 - надмірне перенесення оливи по системі;
 - втрата продуктивності випарника в результаті накопичення оливи на стороні низького тиску системи.

Етап 5. Вакуумування та процедура видалення вологи

При проведенні модернізації, після зміни компонентів системи (наприклад, фільтра-осушувача, розширювального клапана тощо) та встановлення компресора у систему, контур має бути повністю вакуумовано.

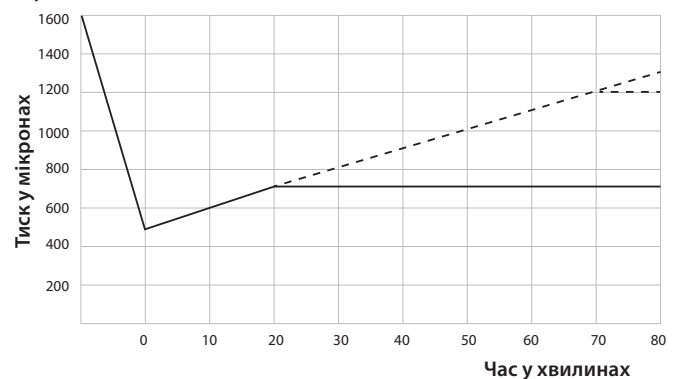
У цьому розділі надано практичні рекомендації при проведенні вакуумування задля видалення вологи з системи. Вміст вологи у контурі охолодження досить важко визначити. Тому дотримання цієї процедури є найкращим способом досягнення безпечного та допустимого рівня вологи перед введенням системи в експлуатацію.

Волога заважає правильній роботі компресора та системи охолодження. Повітря та волога скорочують термін служби та збільшують тиск конденсації. Вони також можуть стати причиною занадто високого тиску та температури нагнітання, котрі в свою чергу можуть погіршити мастильні властивості оливи.

Повітря та волога також підвищують ризик утворення кислоти, яка викликає обміднення деталей та пошкодження ізоляції електродвигуна. Все це може призвести до механічного та електричного пошкодження компресора. Щоб виключити ці явища, рекомендується вакуумне відкачування згідно з нижченаведеною процедурою.

Процедура

За можливості (за наявності відсічних клапанів) компресор необхідно ізолювати від системи. Вкрай важливо під'єднати вакуумний насос до обох сторін НТ та ВТ, щоб уникнути глухих ділянок системи.



1. Проведіть випробування на герметичність.
2. Відкачайте контур охолодження до досягнення вакууму 500 мкм рт. ст. (0,67 мбар).
3. При досягненні рівня вакууму 500 мкм рт. ст. контур необхідно ізолювати від насоса.
4. Зачекайте 30 хвилин.
5. Якщо тиск буде швидко зростати, контур є негерметичним. Визначте місце витокy та усуньте його. Поверніться до етапу 1.
6. Якщо тиск буде повільно зростати, контур містить вологу. Поруште вакуум, подавши в систему газоподібний азот, та повторіть етапи 2 - 3 - 4.

Процедура модернізації системи (продовження)

Компресор, який обладнано відсічними клапанами

7. Під'єднайте компресор до системи, відкривши клапани.
8. Повторіть етапи 2 - 3 - 4 (та 5 або 6 за необхідності).
9. Порухайте вакуум, подавши в систему газоподібний азот.
10. Повторіть етапи 2 - 3 - 4 з усім контуром.

Компресор без відсічних клапанів

7. Порухайте вакуум, подавши в систему газоподібний азот.
8. Повторіть етапи 2 - 3 - 4 (та 5 або 6 за необхідності).

Відкачайте систему до досягнення вакууму 500 мкм рт. ст. (0,67 мбар) та потримайте її в такому стані протягом 4 годин. Цим буде досягнута гарантія того, що контур є герметичним та повністю зневодненим. Цей тиск повинен бути вимірний манометром, що підключений до системи охолодження, а не манометром вакуумного насоса.

Вакуумний насос

Необхідно використовувати двоступеневий газобаластний вакуумний насос (з залишковим розрідженням 0,04 мбар), що сумірний по продуктивності з об'ємом системи. Рекомендується використовувати з'єднувальні шланги великого діаметра та підключати їх до відсічних клапанів, а не до штуцера Шредера, розташованого на компресорі. Це необхідно для того, щоб уникнути надмірних втрат тиску.

Рівень вологи

На момент введення в експлуатацію, вміст вологи у системі не повинен перевищувати 100 млн⁻¹. У процесі експлуатації фільтр-осушник повинен зменшити цю величину до рівня 20–50 млн⁻¹.

Пункти, які слід пам'ятати

- Під час первинного вакуумування системи/контру зменшення тиску нижче 500 мкм рт. ст. призводить до ризику замерзання вологи, що присутня у системі (волога, що залишилася у невеликих нішах в рідкому стані, перетворюється на лід та не випаровується). Досягнення низького вакууму можна помилково зрозуміти як повне звільнення системи від вологи, в той час як насправді там все ще присутній лід. Такий ризик стає значним при використанні відносно потужного вакуумного насоса для контуру з малим об'ємом. Одноразове вакуумування при відкачуванні до тиску 0,33 мбар (250 мкм рт. ст.) не гарантує достатньо низький рівень вологи.
- Низька температура навколишнього середовища в зоні обладнання ускладнює видалення вологи (температура нижче 10 °C).
- Вжійте контрзаходів та увімкніть нагрівач картера компресора.
- Дотримання вищевказаної процедури є ще більш важливим при застосуванні ГФВ та поліефірної оливи, ніж при традиційно використовуваних ГХФВ (R22) або ХФВ та мінеральній оливі.

Попередження

Не використовуйте мегомметр або не подавайте живлення на компресор, що знаходиться під вакуумом. Це може призвести до пошкодження обмотки електродвигуна. Суворо забороняється вмикати компресор, що знаходиться під вакуумом, оскільки це може призвести до згорання електродвигуна компресора.

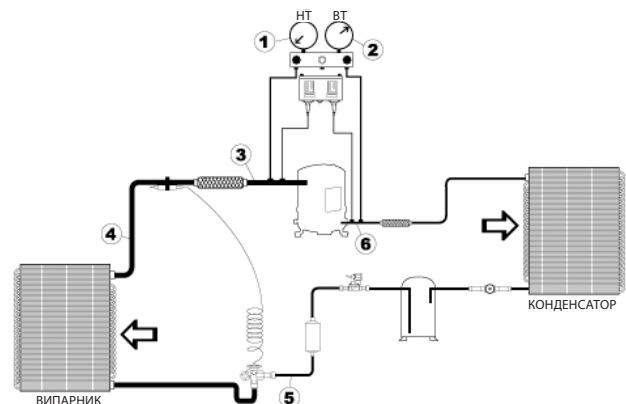
Етап. 6. Заправлення холодоагентом

Зеотропні та квазізеотропні суміші холодоагентів, такі як R407C та R404A, повинні завжди заправлятися у рідкому стані. При первинному заправленні компресор не повинен працювати, а сервісні клапани повинні бути закриті. Перед вмиканням компресора заправте в систему таку кількість холодоагенту, яка повинна бути якомога ближче до номінального значення. Потім повільно додавайте рідкий холодоагент на боці низького тиску якомога далі від працюючого компресора.

Попередження

- Якщо на рідинній лінії використовується електромагнітний клапан, необхідно порушити вакуум на боці низького тиску перед подачею живлення до системи.
- Об'єм заправки холодоагенту повинен бути достатнім для роботи у зимовий та літній періоди. Для отримання інформації про граничні об'єми заправки холодоагенту див. розділ «Контроль рівня рідкого холодоагенту та граничні об'єми заправки» керівництва з експлуатації компресора.

Етап 7. Контроль після запуску



Виміряйте та запишіть:

1. Тиск усмоктування в компресорі.
2. Тиск нагнітання в компресорі.
3. Температуру всмоктування в компресорі (тобто загальний перегрів).
4. Температуру всмоктування на виході з випарника (тобто перегрів у випарнику).
5. Температуру рідини на вході в розширювальний клапан (тобто переохолодження рідини).
6. Температуру нагнітання на випуску компресора.

Перевірте, що результати вимірювань знаходяться в очікуваному/допустимому діапазоні, а умови в рамках визначених для компонентів системи.

Існує декілька спеціальних аспектів при використанні холодоагентів з високим температурним глайдом. Їх вплив та порядок поводження з ними є темою наступної глави.

4. Модернізація систем з холодоагентами з температурним глайдом

Підготували Норберт Блатз, менеджер з удосконалення систем, та

Джон Браунтон, експерт з систем охолодження продуктів на торгових підприємствах

Внаслідок регулювання рівня фтормістких газів щодо зниження ПГП холодоагенту на ринку вже присутні і ще з'явиться багато нових типів синтетичних холодоагентів. Більшість з них є зеотропними сумішами зі значним температурним глайдом.

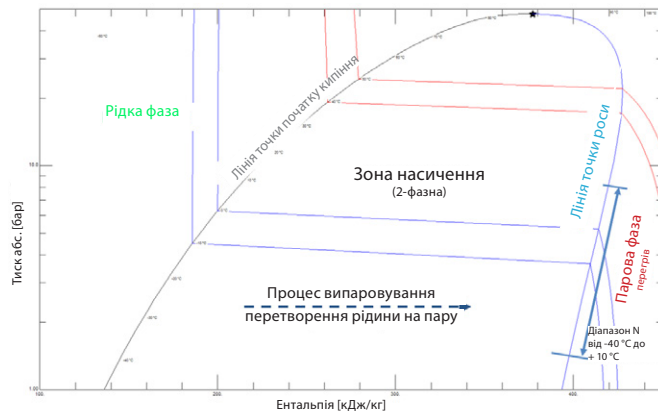
Щоб наочно зрозуміти різницю з азеотропними холодоагентами (без температурного глайду), використаємо діаграми $\lg(p) / h$ та p / t .

На діаграмі $\lg(p) / h$ можна побачити всі стани за різних умов. Вісь x показує питому ентальпію, а вісь y показує тиск, як правило, за логарифмічною шкалою.

Зліва направо холодоагент проходить від стану рідини, перетинаючи точку початку кипіння, в якій починається процес випаровування, та входить у зону насичення. Протягом фази насичення присутні обидва стани (рідина та пара). Чим більше енергії додається, тим більша ентальпія, і більша кількість рідини випаровується до точки роси, в якій вся рідина перетворюється на пару. Після перетинання точки роси пара буде перегрітою.

Значення перегріву вимірюється як різниця між температурою точки роси та температурою перегрітої пари при однаковому тиску, наприклад, на вході випарника з відведенням сухої пари. В якості прикладу було додано діапазон застосування «Діапазон N» для термостатичного розширювального клапана від компанії Danfoss.

Графік 1



У зоні насичення температура залежить безпосередньо від тиску. При використанні чистих холодоагентів (а не сумішей, наприклад, R134a) та азеотропних сумішей температура буде однаковою протягом усього процесу випаровування. Для сумішей з температурним глайдом (зеотропні суміші), температура значно змінюється під час процесу випаровування або конденсації, проте тиск залишається постійним.

Цей температурний глайд (ковзання) виникає в результаті того, що частина суміші з найнижчою температурою випаровування буде випаровуватися першою, а частина з найвищою температурою випаровування буде випаровуватися останньою.

Щоб візуалізувати ефект температурного глайду, на спрощеному логарифмічному графіку $(p) / h$ зображено стандартний контур випаровування з відведенням сухої пари. Різниця температур у теплообміннику повинна становити 10 K для температури навколишнього середовища та температури в холодильній камері.

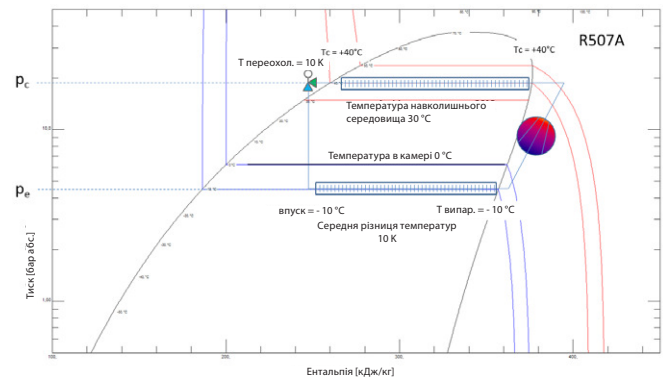
Приклад холодоагенту без температурного глайду, азеотропна суміш, R507A:

Температура конденсації та випаровування залишається однаковою при однаковому тиску.

p_c = тиск конденсації та

p_e = тиск випаровування.

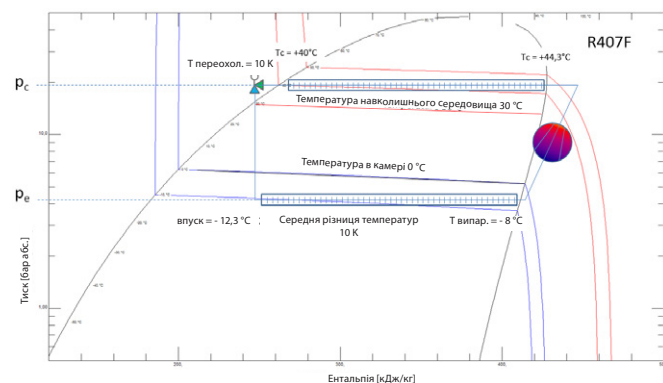
Графік 2



Така ж сама система, але тепер із зеотропним холодоагентом R407F:

Щоб отримати різницю температур 10 K, температура випаровування змінюється від $-12,3\text{ °C}$ на впуску до точки роси -8 °C .

Графік 3



Зміну температури випаровування та її наслідки для теплообмінника та розширювального пристрою буде розглянуто в наступній главі.

Модернізація систем з холодоагентами з температурним глайдом (продовження)

Вплив холодоагенту з високим температурним глайдом на систему.

У результаті зміни температури різниця температур повітря та теплообмінника занадто зміниться та повинна враховуватися при визначенні розміру теплообмінника.

Конденсатор:

Середня різниця температур повітря та конденсатора буде нижчою, та для неї буде потрібний конденсатор більшої потужності.

При виконанні модернізації може відбутися збільшення температури конденсації, якщо продуктивність компресора буде такою ж самою, як раніше.

Випарник:

Середня температура буде збільшуватися та позитивно впливати на продуктивність. Але існує два важливих аспекти, на які необхідно звернути увагу, – це розширювальний пристрій та зміна швидкості осушення.

Спочатку трохи поговоримо про зв'язок між перегрівом та продуктивністю теплообмінника.

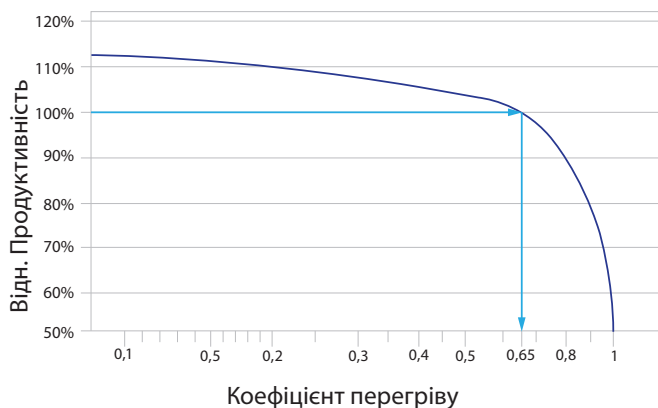
Регулювання перегріву:

Продуктивність ребристо-трубчастого випарника визначається в залежності від температури повітря на вході, значень ΔT_1 та перегріву.

ΔT_1 визначається як різниця температури повітря на вході в випарник та температури випаровування в точці роси.

Наприклад, температура повітря на вході = 0°C , температура випаровування в точці роси = $-10^\circ\text{C} \rightarrow \Delta T_1 = 10\text{ K}$.

Графік 4



Для отримання 100 % продуктивності випарника, заданий перегрів визначається як $\Delta T_1 \times \text{коефіцієнт перегріву}$: $10\text{ K} \times 0,65 = 6,5\text{ K}$.

З точки зору регулювання, значення 0,65 є близьким до оптимального та визначається стандартом EN 328 в якості заданого значення для повітроохолоджувачів. На графіку 4 видно, що навіть невелике збільшення (вищий перегрів) цього значення призводить до величезних втрат використовуваної поверхні випарника.

З іншого боку, зниження перегріву призведе до відносно невеликого збільшення продуктивності.

При порівнянні значень перегріву у випарнику на графіку 2 та 3 ці значення є різними. Середня різниця температур випарника на графіку 2 та 3 є однаковою. Однак у результаті температурного глайду холодоагенту R407F на графіку 3 потрібне значення перегріву нижче. Причина цього полягає в тому, що температура випаровування в точці роси при $-8,1^\circ\text{C}$ є на 2 K вищою за температуру R507A на графіку 2. $\Delta T_1 = 0^\circ\text{C} - (-8,1^\circ\text{C}) = 8,1\text{ K}$. Отже, заданий перегрів = $8,1\text{ K} \times 0,65 = 5,3\text{ K}$.

Холодоагенти з високим температурним глайдом і розширювальні клапани

Розширювальні пристрої використовують тиск та температуру для регулювання рівня перегріву на виході з випарника.

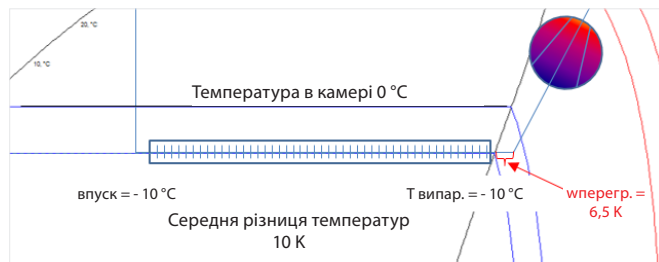
Для регулювання перегріву лінія точки роси (100% випаровування) є єдиним дійсним орієнтиром.

Термоелемент розширювального клапана заправляється робочим середовищем, яке забезпечує майже однакову різницю температур у широкому діапазоні (наприклад, заправка для діапазону N Danfoss: від -40°C до $+10^\circ\text{C}$).

Отже, по точці роси можна визначити перегрів.

На графіку 2 холодоагент R507A, наприклад, потребує значення перегріву 6,5 K для використання випарника зі 100 % продуктивністю. Воно базується на середній різниці температур 10 K.

Графік 2, фрагмент



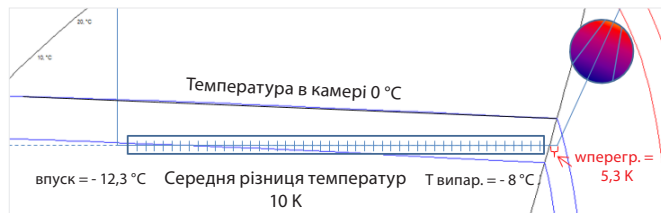
Модернізація систем з холодоагентами з температурним глайдом (продовження)

Чому може знадобитися повторне регулювання перегріву термостатичного розширювального клапана?

1.3 причини температурного глайду:

На графіку 3 в результаті впливу температурного глайду холодоагенту R407F температура точки роси становить приблизно $-8,1^{\circ}\text{C}$, та такий же самий випарник потребує заданого значення перегріву $5,3\text{ K}$ для використання зі 100 % продуктивністю також при середній різниці температур 10 K .

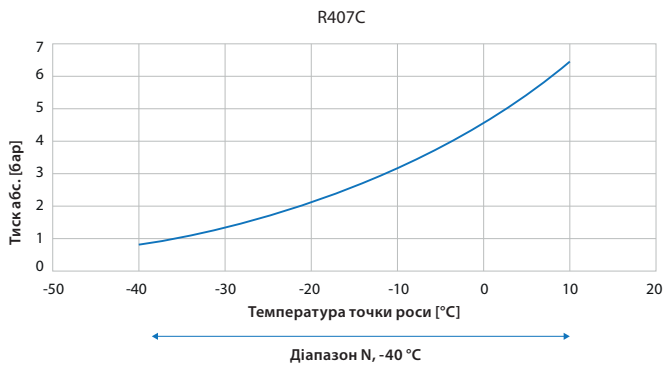
Графік 3, фрагмент



2. При виконанні модернізації термостатичний розширювальний клапан з належним рівнем заправки може бути відсутнім:

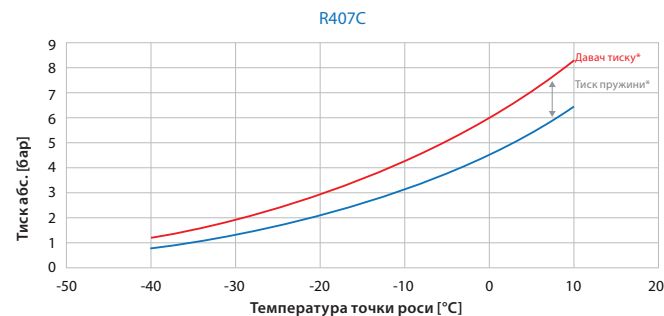
Тут зображено криву точки роси, що аналогічна тій, яку ви бачите на графіку 1, але яку перетворено на криву залежності тиску від температури:

Графік 5



Щоб збільшити необхідну температуру балона (перегрів) для відкриття клапана, додається пружина для протидії тиску датчика: тиск датчика + «тиск» пружини = перегрів

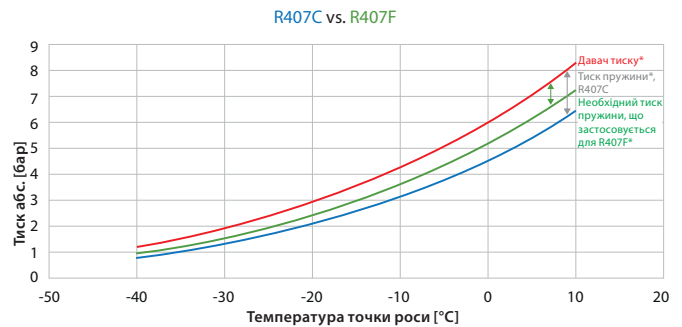
Графік 6



*Принцип спрощеного зображення

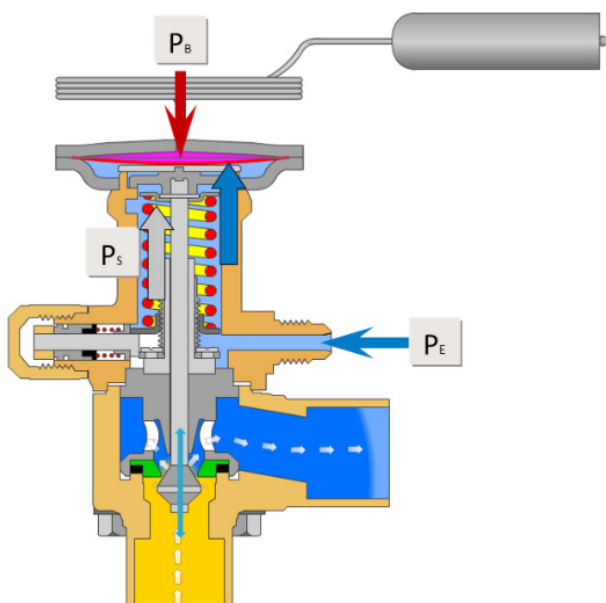
При модернізації з холодоагентом R407F заправка R407C та зусилля/тиск пружини призведуть до занадто високого значення перегріву. Отже, необхідно зменшити зусилля пружини. Це виконується шляхом повороту гвинта встановлення значення перегріву (SH) проти годинникової стрілки.

Графік 7

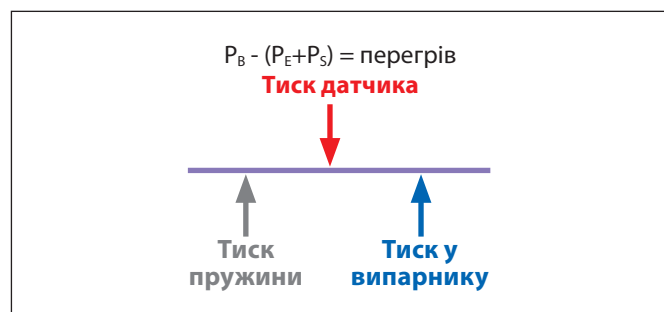


*Принцип спрощеного зображення

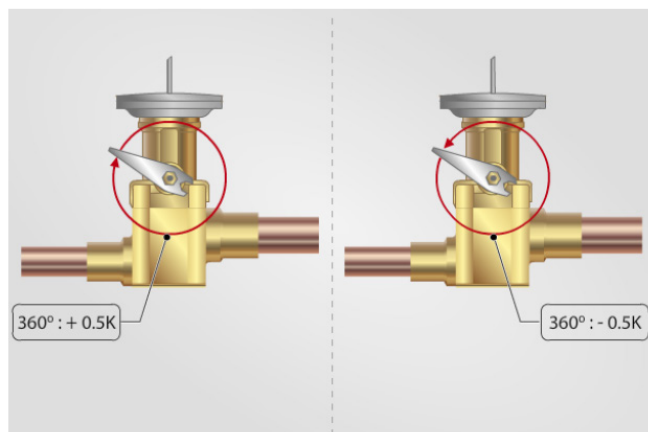
Зусилля на клапані та спосіб скидання статичного перегріву



Тиск датчика P_B повинен подолати тиск випаровування P_e + тиск пружини P_s.
При зниженні тиску пружини шляхом регулювання заданого значення перегріву (SH) можна застосувати клапан для холодоагенту, для якого він абсолютно не призначений.



TE 5~55 перегрів



Увага! Якщо коригування становить більше 3 K, якість регулювання може погіршитися. Рекомендується вибрати інший тип заправки, який є ближчим до заданого значення.

Приклад:

Статичний перегрів SS = 4 K / 7,2 °F (заводське налаштування)

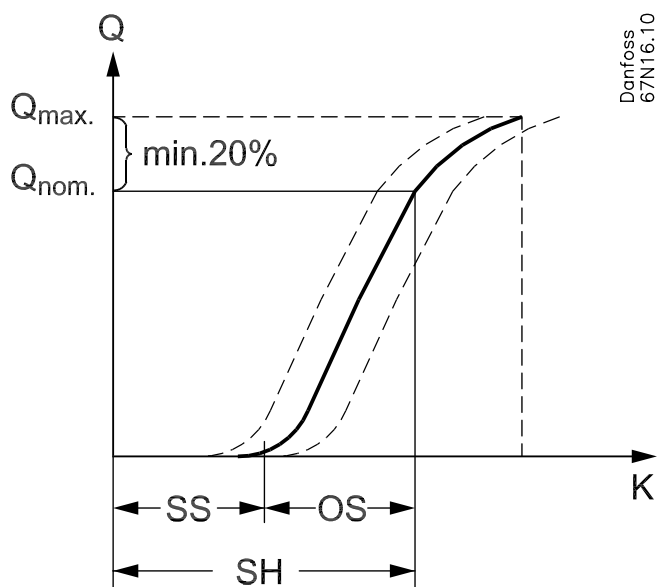
Перегрів відкриття OS = 4 K / 7,2 °F

Перегрів відкриття становить 4 K, тобто з тієї точки, в якій клапан починає відкриватися до номінальної пропускної здатності. Перегрів відкриття визначається конструкцією, та його не можна змінити.

Загальний перегрів SH = SS + OS

$$SH = 4 + 4 = 8 \text{ K} / 14,4 \text{ °F}$$

Загальний перегрів SH можна змінити шляхом зміни SS (використовуючи установчий шпindel)

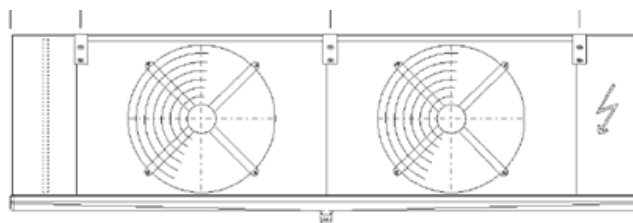
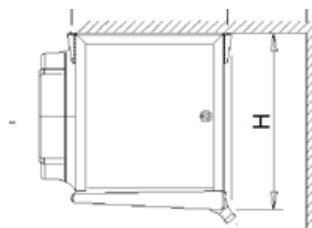


Продуктивність випарника при використанні холодоагентів з температурним глайдом та вплив на систему

У результаті глайду температура на деталях поверхні випарника буде низькою та може збільшити швидкість осушення.

Давайте подивимось на первинні значення на прикладі:
(див. графік 2)

Холодильна камера, R507A, температура в камері 0 °C, відн. волог. 80 %, середня різниця температур 10 K.
Холодопродуктивність може становити 10 кВт.
Вибрано стельовий тип, поверхню 32,7 м², 2 вентилятори з продуктивністю 6280 м³/год.



Детальні результати

R507A	Продуктивність	Δt_m	DT1	Т випар. в точці роси	Wперегр.	Час роботи
	10,1 кВт	10 K	10 K	-10 °C	6,5 K	18 год/день
Випарник:	2 вентилятори / 32,7 м²					
Впуск повітря:	0 °C	Відн. волог.: 80 %				
Випуск повітря:	-3,8 °C	Відн. волог.: 95 %				
Витрата повітря:	6280 м³/год					
Осушення:	47,75 кг/день					

Модернізація з R407F

Перший етап: задане значення перегріву буде таким самим, як і раніше: 6,5 K

Середня різниця температур 12 K призводить до збільшеної продуктивності 12,5 кВт та скороченого часу роботи.
Негативним моментом є значне збільшення швидкості осушення. Це може бути поганим для незапакованої продукції.

R407F	Продуктивність	Δt_m	DT1	Т випар. в точці роси	Wперегр.	Час роботи
	12,5 кВт	12 K	10 K	-10 °C	6,5 K	14,3 год/день
Випарник:	2 вентилятори / 32,7 м²					
Впуск повітря:	0 °C	Відн. волог.: 80 %				
Випуск повітря:	-4,7 °C	Відн. волог.: 95 %				
Витрата повітря:	6280 м³/год					
Осушення:	60,96 кг/день					

Другий етап: повторно налаштуйте розширювальний клапан на значення перегріву 5,3 K.

Перегрів зменшено до 5,3 K, а температуру випаровування в точці роси збільшено до -8,1 °C, щоб отримати різницю температур 10 K (див. також графік 3).

R407F	Продуктивність	Δt_m	DT1	Т випар. в точці роси	Wперегр.	Час роботи
	10,8 кВт	10 K	8,1 K	-8,1 °C	5,3 K	16,6 год/день
Випарник:	2 вентилятори / 32,7 м²					
Впуск повітря:	0 °C	Відн. волог.: 80 %				
Випуск повітря:	-4,1 °C	Відн. волог.: 95 %				
Витрата повітря:	6280 м³/год					
Осушення:	53,32 кг/день					

Важливе зауваження:

Як показують ці результати, у системі, де осушення є критичним параметром, середня різниця температур повинна бути нижчою, ніж у системі з однокомпонентною рідиною або азеотропними сумішами холодоагентів.

Специфічні ефекти:

Було визначено, що у деяких потужних низькотемпературних системах, в яких застосовувався холодоагент з великим температурним глайдом, компресор потерпав від рідкого холодоагенту. Необхідно було виконати дії протилежні вищевказаним. Задане значення перегріву необхідно було збільшити для захисту компресора. Холодоагенти з низьким температурним глайдом або без температурного глайду не призведуть до наслідків такого характеру у низькотемпературних системах.

Висновки:

Компоненти для холодоагентів з великим температурним глайдом необхідно визначати за розміром та вибирати в залежності від середньої різниці температур. Уже тільки з причини температурного глайду може бути необхідно повторно відрегулювати задане значення перегріву (SH).

Холодоагент, який підходить для роботи при одному значенні температури, не обов'язково також підходить для роботи при

іншому аналогічному чином (наприклад, для кондиціонування повітря в порівнянні з низькотемпературною системою).

Кожний механічний розширювальний клапан має свої експлуатаційні характеристики, які є оптимальними для використання з конкретним холодоагентом. Використання іншого холодоагенту означає, що клапан не буде працювати так само, чи з таким же рівнем регулювання.

Якщо ви бажаєте знизити ризик виникнення проблем у системі та забезпечити найкраще стійке регулювання системи, гарним варіантом для цього може бути відповідно адаптований новий термостатичний розширювальний клапан або електронний розширювальний клапан. Електронний розширювальний клапан також буде мати більшу гнучкість конструкції в подальшому, якщо контролер перегріву може керувати вибраним холодоагентом. Компанія Danfoss завжди модернізує контролери відповідно до наявних сучасних холодоагентів з низьким ПГП.

Примітка:

Жодним холодоагентам або умовам, які представлені в цьому документі, перевага не надається! Метою цього документа є розгляд та обговорення фізичних аспектів і впливу на компоненти та конструкцію системи при зміні холодоагентів, на нейтральній основі.

Відповідний варіант розширювального клапана Danfoss можна знайти за допомогою інструмента для визначення холодоагенту з низьким ПГП (Low GWP tool) за посиланням нижче.

<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/low-gwp-tool/>

Див. також: ASERCOM, розділ «Температурний глайд та ефект холодоагентів» у декларації робочих характеристик (<http://asercom.org/guides>)

Компанія Danfoss не може прийняти на себе відповідальність за можливі помилки в каталогах, проспектах та інших друкованих матеріалах. Компанія Danfoss зберігає за собою право без повідомлення вносити зміни в свої вироби. Це стосується також до вже замовлених виробів, при умові, що такі зміни не потягнуть за собою необхідні зміни у вже погоджених специфікаціях. Усі товарні знаки в цьому матеріалі є власністю відповідних компаній. Danfoss та логотип Danfoss є товарними знаками компанії Danfoss A/S. Усі права захищені.