

УДК 664

Ощипок І. М.,

*him1960@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5427-3376, Researcher ID: F-4641-2019, д.т.н., проф.,
завідувач кафедри харчових технологій, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

Онишко Л. Й.,

*onyszko@ukr.net,
к.т.н., доц. кафедри харчових технологій, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Анотація. У статті порушені важливі питання пріоритетних завдань підвищення рівня рентабельності й оснащення промислових холодильників і торгового холодильного обладнання для супермаркетів. поставлені питання вдосконалення методів аналізу холодильного устаткування в системах забезпечення діючого виробництва холоду. Розглянута складова підвищення ефективності експлуатації, технічного сервісу та діагностики холодильного обладнання (холодильних машин) і холодильників на підставі своєчасного проведення модернізації за оцінкою їх стану в реальному масштабі часу, враховуючи невизначеність інформації про холодовиробництво. Показані невеликі зміни, які спостерігаються у сьогоднішні до підвищених вимог технічного оснащення холодильників з погляду екологічної безпеки, поліпшення умов зберігання, збереження якості харчових продуктів. Споживачі висувають все більш високі вимоги до необхідності впровадження сучасного холодильного обладнання, крім цього, слід враховувати вимоги екології в нормативних обмеженнях щодо температур зберігання харчових продуктів, енергоспоживання та застосування нових видів холодоагентів у холодильних установках. Змодельовані умови виготовлення холоду та впливи експлуатаційних відмов частин холодильних машин на працездатність всієї технічної системи й оснащення як альтернативу придбанню нового обладнання. показані формалізовані способи виявлення причинно-наслідкових зв'язків між подіями (відмовами) та вихідними показниками процесу заморожування та їх усунення. Запропонована альтернатива придбанню нового обладнання через модернізацію та переоснащення наявного. Для цього слід враховувати індивідуальні особливості технологічних процесів підприємства і тоді приступати до модернізації холодильних систем. Якість функціонування обладнання залежить від багатьох факторів, а в більшості від добротності його складових. Розглянуті типи модернізації холодильних машин за їх агрегуванням. Модернізацію показали в контексті заміни холодоагенту та (або) оливи, в поточній працюючій системі і питань, що стосуються компресора, зміни його продуктивності та ефективності у зв'язку з новими термодинамічними характеристиками або зміною функціональних можливостей, як регулювання перегрівання на розширювальних пристроях, зміни вологості. Оцінені ризики від різних типів модернізації.

Ключові слова: холодильна техніка, технологія, модернізація, торгове обладнання, енергетичні характеристики.

Oshchypok I. M.,

*him1960@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5427-3376, Researcher ID: F-4641-2019, Doctor of Engineering,
Professor, Head of the Department of Food Technologies, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

Onyshko L. Y.,

*onyszko@ukr.net,
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technologies, Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

MODERNIZATION AND CONVERSION OF REFRIGERATION EQUIPMENT

Abstract. The article raises important issues of priority tasks of increasing the level of efficiency and equipping industrial refrigerators and commercial refrigeration equipment for supermarkets. The issues of improving the methods of analysis of refrigeration equipment in the systems of ensuring the active production

of cold are put under the research. The component of improving the efficiency of operation, technical service and diagnostics of refrigerating equipment (refrigerating machines) and refrigerators based on timely modernization based on the assessment of their condition in real time, taking into account the uncertainty of information about refrigeration production, is considered. Considerable changes are shown, which are observed today to the increased requirements for the technical equipment of refrigerators from the point of view of environmental safety, improvement of storage conditions, preservation of the quality of food products. Consumers are putting forward increasingly high demands for the need to introduce modern refrigeration equipment, in addition, environmental requirements should be taken into account in regulatory restrictions on food storage temperatures, energy consumption and the use of new types of refrigerants in refrigeration units. Simulated conditions for the production of cold and the effects of operational failures of parts of refrigerating machines on the efficiency of the entire technical system and equipment, as an alternative to purchasing new equipment. Formalized methods of identifying cause-and-effect relationships between events (failures) and initial indicators of the freezing process and their elimination are shown. An alternative to the purchase of new equipment through modernization and re-equipment of existing equipment is proposed. For this, individual features of the company's technological processes should be taken into account and then proceed with the modernization of refrigeration systems. The quality of the functioning of the equipment depends on many factors, and mostly on the quality of its components. Considered types of modernization of refrigerating machines according to their aggregation. Modernization was shown in the context of replacing the refrigerant and (or) oil, in the current working system, and the issue related to the compressor, changes in its performance and efficiency in connection with new thermodynamic characteristics or changes in functionality, such as regulation of overheating on expansion devices, changes in humidity. Assessed risks from different types of modernization.

Key words: refrigeration equipment, technology, modernization, trade equipment, energy characteristics.

JEL Classification: L7, L64, O13

DOI 10.32782/2522-1221-2023-34-06

Постановка проблеми. У сучасних умовах експлуатації складних технічних систем, таких як промислові холодильники (ПРХ), необхідно звернути увагу не тільки на оптимізацію енерго-ефективних режимів їх роботи та ресурсозбереження, а й на питання міцності, працездатності обладнання, ефективності його експлуатації та ремонту, від якості здійснення яких залежать витрати на підтримку технічних установок у працездатному стані, безпечному для технологічних процесів та персоналу.

Сучасне виробництво холоду в промислових холодильниках, які призначені для збереження продуктів харчування, тим самим забезпечуючи життєдіяльність населення і роботу переробних і харчових виробництв, одночасно є одним із джерел техногенної небезпеки. До виробничої аварійності холодильного обладнання ПРХ призводять: неприпустимий знос основних виробничих фондів, неефективні проектні та технічні рішення, несвоєчасне виконання робіт із обслуговування та ремонту.

Тому до пріоритетних завдань щодо підвищення рівня робоздатності оснащення ПРХ відносяться питання вдосконалення методів аналізу його міцності, правильного використання результатів такого аналізу в системах забез-

печення діючого виробництва холоду. Відомі способи оцінки стану та міцності оснащення холодильників, що ґрунтуються на математичному аналізі теорії міцності, теорії ймовірності, способах теорії стійкості, мають обмеження у застосуванні для комплексного вивчення стану оснащення ПРХ в критеріях експлуатації [1]. це обумовлено тим, що холодильне оснащення ПРХ є достатньо складним з технічної точки зору. Технічна система діагностики, що функціонує, завжди в умовах неоднозначного виміру значної кількості показників є невизначеною. Врахувати вплив того чи іншого вхідного параметра і знайти у результаті як раптові, так і спричинені зносом холодильного обладнання відмови та несправності частин оснащення ПРХ у період довготривалої експлуатації існуючими методами важко.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання технології виготовлення штучного холоду, математичного моделювання, умов експлуатації холодильного обладнання ПРХ, розвитку методів його експлуатації, стану міцності, робоздатності, вирішення проблеми аналізу безпеки викидів CO₂, ризику виникнення аварій досить широко представлені в спеціальній літературі [1-5]. Завдяки базовим роботам, проведеним за два останні десятиліття, досягнуто зна-

чних успіхів у даній сфері досліджень. Серед них слід відзначити праці українських дослідників Ю. Г. Сухенка, В. Ю. Сухенка, М. Г. Хмельнюка, О. С. Підмазка, І. А. Підмазка, М. М. Муштрука, О. В. Остапенко, О. В. Зіміна [3-5], в яких старанно оглянуті загальні питання довговічності, функціонування технічних об'єктів харчової промисловості. Серед сучасних наукових досліджень підкреслимо наукові праці О. О. Оніщенка, В. М. Букароса, А. Ю. Букароса, у яких створені системи діагностики та контролю технічного стану холодильних установок на базі відомих fdd (fault detection and diagnostics) способів діагностики спеціальних технологічних систем штучного холоду [9, 10]. У той же час мінімізація втрати якості заморожених продуктів харчування з різними характеристиками, які знаходяться в холодильних камерах промислових холодильників великої потужності, вимагає від фахівців додаткових досліджень із впровадження інтелектуальних технологій процесів діагностування стану холодильних машин [2, 7, 8, 10, 11, 12].

Постановка завдання. Важливою складовою підвищення ефективності експлуатації, технічного сервісу та діагностики холодильного обладнання (холодильних машин) і холодильників є своєчасне проведення модернізації за оцінкою його стану в реальному масштабі часу, враховуючи невизначеність інформації про холодовиробництво.

З метою моделювання умов виготовлення холоду та впливу експлуатаційних відмов частин холодильних машин на працездатність всієї технічної системи й оснащення ПРХ як альтернативу придбання нового обладнання застосуємо формалізовані способи виявлення причинно-наслідкових зв'язків між подіями (відмовами) та

вихідними показниками процесу заморожування та їх усунення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Модернізація – технічне покращення існуючого холодильного обладнання, яке вже пройшло певний експлуатаційний ресурс, з метою досягнення кращих технічних та технологічних показників за меншої витрати енергоресурсів, заміна морально та фізично застарілого холодильного обладнання. на сьогоднішній день модернізація вимагає значних фінансових вкладень від підприємств. Стикаючись із такого роду утрудненнями, часто вирішується дилема між продовженням експлуатації застарілого обладнання та придбанням нового. Розуміючи ці труднощі, з якими виробництву доводиться стикатися, пропонується альтернатива придбання нового обладнання – модернізацією та переоснащенням наявного. Для цього враховуються індивідуальні особливості технологічних процесів підприємства і приступають до модернізації холодильних систем (рис. 1).

Також враховуються утилізація виділеного тепла холодильними машинами та його рекуперація у системі вентиляції.

Якість функціонування обладнання залежить від багатьох факторів, а саме: від добротності його складових (рис. 2).

Тара та упаковка забезпечують збереження виробів при транспортуванні, вантажно-розвантажувальних роботах та складуванні. пусконаладжувальні та сервісні роботи обумовлюються технічним рівнем сервісних центрів та кваліфікацією монтажників. Якщо по всьому ланцюжку немає збоїв, то можна бути впевненим, що обладнання прослужить довго, виконуючи свою основну функцію і не вимагаючи надмірних додатко-



Рис. 1. Процес модернізації холодильних систем



Рис. 2. Складові якості функціонування обладнання

вих витрат на обслуговування та ремонт. Проте ці заходи слід починати не в момент несправності обладнання, а в момент процесу виробництва та його запуску в експлуатацію.

У сьогоднішні спостерігаються немалі зміни щодо підвищення вимог і технічного оснащення ПРХ з погляду екологічної безпеки, поліпшення умов зберігання, збереження якості харчових продуктів. З одного боку, споживачі висувають все більш високі вимоги, а отже, необхідне сучасне холодильне обладнання та збільшення його кількості. З іншого боку, слід враховувати вимоги екології, нормативи та обмеження щодо температур зберігання харчових продуктів, енергоспоживання та застосування нових холодоагентів у холодильних установках.

Новою ініціативою Євросоюзу стала вимога, щоб супермаркети документально реєстрували рівень коливання температури у холодильних камерах об'ємом понад 10 м³. Запропоновано реєструвати температуру кожні 4 години та зберігати ці записи протягом року. Всі зареєстровані дані слід зберігати у персональному комп'ютері у кабінеті директора супермаркету та щомісяця роздруковувати.

У Великобританії ці вимоги поширені і на дрібні торгові підприємства, що торгують продуктами, що швидко псуються, зберігають охолоджені і заморожені продукти в торговельному холодильному устаткуванні і стаціонарних камерах, що охолоджуються.

Дані правила та норми підвищують вимоги до роботи та регулювання холодильних установок. Тому підприємства, що виробляють холодильне обладнання, часто стикаються з потребою у більш

точному регулюванні та забезпеченні документування роботи холодильних установок.

Інша проблема, пов'язана з експлуатацією холодильного обладнання, – озонна проблема та парниковий ефект. Відомо, що одним із головних заходів при вирішенні першої проблеми є переведення всіх холодильних установок у супермаркетах на озонобезпечні холодоагенти. Дискусії щодо парникового ефекту привернули додаткову увагу до енергоспоживання супермаркетів, необхідності його скорочення.

У Данії було проаналізовано енергоспоживання супермаркетами з метою диференціювання витрати електроенергії на освітлення, опалення та охолодження. З'ясувалося, що у супермаркеті торговою площею до 1200 м² на холодильні установки припадає 64 % загального обсягу енергоспоживання. Данія та інші європейські країни запровадили податки на вуглекислий газ та на споживану електроенергію. Держава йде навіть на те, що для економії енергії надає субсидії на модернізацію холодильних установок, якщо супермаркет документально підтвердить, що це знижує витрати електроенергії.

Перед виробниками та постачальниками холодильного обладнання постали нові завдання у зв'язку з появою наступних вимог до холодильного обладнання:

- забезпечення безпеки зберігання їжі, захист від зовнішніх факторів та збереження якості, створення оптимальних умов без великих температурних коливань;
- енергозбереження, тобто хороший захист від теплопритоків та автоматизована регульованість холодильної системи;

- відповідність нормативним вимогам щодо реєстрації температури;
- наявність перспективи щодо можливої заміни холодоагенту;
- менша потреба в обслуговуванні, тобто надійна працездатність та довговічність холодильної системи.

Центр технічного обслуговування холодильного обладнання повинен мати телефонну лінію, підключену до персонального комп'ютера через модем та міжмережевий шлюз. Це дає можливість приймати сигнали з супермаркету та регулювати роботу холодильної установки дистанційно.

У даний час намітився перехід до вищого рівня організації виробництва холодильного обладнання – виготовлення та постачання підприємствами моноблочних холодильних машин повної заводської готовності, включаючи систему автоматичного управління, контролю та захисту. Такий спосіб дозволяє здійснювати випуск холодильних машин на підприємствах, оснащених удосконаленими технологічними лініями, що мають висококваліфікований персонал.

Установка у торговельному холодильному устаткуванні моноблочних автоматизованих машин має деякі переваги (рис. 3).



Рис. 3. переваги устаткування моноблочних автоматизованих машин

розробляється холодильне обладнання із застосуванням заливної пінополіуретанової ізоляції. При цьому виникає можливість збирання корпусів машин із окремих панелей, що значно спрощує конструкцію холодильного обладнання та технологію його збірки. Принцип агрегування знаходить дедалі ширше поширення. У блочному виконанні випускається значна номенклатура устаткування. Серед основних переваг автоматизованих блокових холодильних машин слід відзначити високий рівень заводської готовності, що зводить до мінімуму монтажні роботи в інших галузях застосування. Зрештою, така робота

сприятиме вирішенню головної екологічної проблеми ХХІ ст. – забезпечення умов, за яких біосферні відновлювальні процеси зможуть протидіяти негативному впливу техносфери.

Розглянемо модернізацію холодильних машин за їх агрегуванням. Модернізація систем охолодження в цьому контексті визначається як заміна холодоагенту та (або) оливи у поточній працюючій системі (рис. 4). Добре відомо, що можливі наслідки модернізації переважно стосуються сумісності ущільнень, що призводять до витoku або несправності системи, а також налаштування окремих вузлів (наприклад, розширювальних пристроїв та інших компонентів, що використовуються у системі).

Зосередимо увагу на питанні сумісності матеріалів, які можуть виникнути під час модернізації компонентів у системах охолодження. 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 призводить до витoku або порушення роботи компонентів. З технічної точки зору ризик стосується переважно змін об'єму та питань ступеня стиснення для стандартного нединамічного 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 – зміна може призвести до того, що частинки та залишки експлуатаційних матеріалів, які до модернізації були у системі, можуть відокремитися у нових умовах. Вони можуть змінити колір або викликати небажані механічні зміни у модернізованій системі.

Оцінимо ризики від типу модернізації.

Тип модернізації 1. Заміна холодоагентів зі схожими сумісними властивостями та оливою, тип якої залишається таким 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



Рис. 4. Схема агрегатів для модернізації холодильної установки

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 стара олива не була розшарованою або зіпсованою у старій системі.

- Ризик ускладнень є дуже низьким, що також підтверджується фактичними даними проведених випробувань.

Тип модернізації 2. Заміна холодоагентів із відмінними властивостями та оливою, тип якої залишається такою ж.

- 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 із великою кількістю пом’якшувачів, котрі можуть бути змиті первинним холодоагентом, і також при зворотній ситуації з холодоагентом 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.

Таблиця 1

Типи модернізації стосовно сумісності експлуатаційних матеріалів

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

Примітка. Вищевказана оцінка ризику дійсна лише в тому випадку, якщо було виконано повну заміну ущільнень. Повна назва – гідрохлорфторвуглець (ГХФВ), гідрофторвуглець (ГФВ), гідрофторолефін (ГФО), полівінілефір (ПВЕ), мінеральна олива (МО), алкілбензол (АБ), на основі поліолестерів (пое).

ції, якщо стару оливу не було розшаровано або зіпсовано у старій системі.

- Ризик ускладнень є незначним, що також підтверджується даними випробувань.

Тип модернізації 3. Заміна холодоагенту і типу оливи на варіанти з відмінними властивостями.

- При заміні будуть змінені 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, які мають різну сумісність із ущільнюючим 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 проблемні зміни в сумісності ущільнювального матеріалу, що призводить до витоків або несправності. З цієї причини також необхідно використовувати відповідний термостатичний розширювальний клапан, а також індикатор вологи та фільтр, оскільки олива, що не зміщується, 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 незначним, як для типу модернізації 2. Проте часто неможливо замінити весь об'єм оливи. Запобіжні заходи, наприклад покращена лінія видалення оливи, може зменшити ризик циркуляції суміші оливи через усю систему холодильника; проте забезпечення цього залежить від конкретної системи.

- Крім того, деякі холодоагенти для модернізації містять якусь кількість вуглеводнів, із якими зміщується МО. З теоретичної точки зору це повинно призвести до можливої циркуляції оливи типу МО в системі.

- Ризик ускладнень є значним, оскільки існує багато різних варіантів розвитку ситуацій, які мають відношення до збільшення кількості замінюваної оливи у відсотках, а також до типу холодоагенту для модернізації. Попередні дані відсутні. Крім того, може підвищитися ризик зміни характеристик системи, таких як температура та тиск.

розглянемо питання, що стосуються компресора, зміни продуктивності та ефективності у зв'язку з новими термодинамічними характеристиками або зміною функціональних можливостей, таких як регулювання перегрівання на розширювальних пристроях, зміна вологості.

Компресор: встановлюємо можливість компресора працювати з новим холодоагентом; перевіряємо, наскільки зміниться холодопродуктивність; придатність використання даного обладнання і матеріалів; перевіряються граничні значення температури та тиску та можливість заміни запрошеної оливи новою.

Конденсатор: перевіряється відповідність потужності конденсатора новій продуктивності компресора. Холодоагенти з температурним глайдом вимагають більшої поверхні у зв'язку з меншою середньою різницею температур. Це може викликати збільшення температури конденсації.

Випарник: перевіряються продуктивність і експлуатаційні характеристики, що 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 (рис. 4) з гумовими прокладками повинні бути оснащені новими прокладками. Як правило, олива/холодоагент можуть потрапити на них та викликати здуття. З додаванням нової оливи/холодоагенту старий вміст буде змито, прокладка більше не буде герметичною та через деякий період часу спричинить витікання.

Перевіряються термостатичні розширювальні клапани або клапани, які мають термостатичний елемент, запрошений для певного типу холодоагенту, і не можуть бути використані з іншим новим типом холодоагенту. Для перевірки цього можна порівняти криву залежності тиску від температури старого та нового холодоагентів. Якщо клапан можна відрегулювати, то різниця настроювання за бажаної температури системи повинна становити не більше ніж на 3 К, регулювання відповідно до нових умов можливе. Для інших регулюючих клапанів, таких як клапани регулювання тиску, може бути потрібне повторне настроювання. Перевіряється, щоб діапазон налаштування клапана та максимальний робочий тиск системи залишалися в обумовлених межах із новим холодоагентом.

Трубопроводи: перевіряються розміри трубопроводу. Новий холодоагент може мати іншу щільність та значення ентальпії (теплемісткості).

Це призводить до зміни швидкостей та падіння тиску при збереженні існуючого трубопроводу. Критичними точками може бути лінія всмоктування та лінія повернення оливи.

Регулятор: перевіряється налаштування контролера. Налаштування контролера перегріву повинне забезпечувати підтримання параметра з новим типом холодоагенту. Можливо, також потрібно буде змінити інші задані значення температури або тиску установки.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. За останні роки на прикладі торгового холодильного обладнання і ПРХ вкотре проявився закон діалектики: “усталена система через руйнування відтворюється на новому витку”. Будь-яка усталена система створює ілюзію можливості вічного збереження стабільності, досягнутої без додаткових зусиль. Настає момент межі стабільності – відсутність заходів, витрат розвитку, модернізації, і система починає руйнуватися по ланцюжку, ланка за ланкою.

Прикладом такого явища може бути якість продукції харчового призначення, ПРХ і, зокрема, торговельне холодильне устаткування. Неминучо є руйнація старої версії якості та необхідність відтворення нової в інших економічних умовах. Йдеться про найважливішу ланку в системі – якість продукції та експлуатації, що забезпечується і виробничими ремонтно-сервісними підприємствами.

З метою підвищення ефективності експлуатації холодильного обладнання індустріальних холодильників для заморожування продуктів харчування, їх технічного сервісу та ремонту необхідно створити методіку у вигляді моделей причинно-наслідкових зв'язків складної технічної системи з підтримкою апарату нечіткої логіки для оцінки стану обладнання та методів прийняття рішення за оцінкою стану оснащення промислового холодильника.

Вирішення вказаних завдань проводиться на основі розробки нових конструктивних рішень. Підвищення технічного рівня холодильного обладнання вітчизняного виробництва до рівня світових зразків вимагає розробки та впровадження прогресивної технології виробництва, докорінного переоснащення підприємств.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2015 рік. URL: http://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2015/Glava_2.pdf.

2. Кальм Д. М. Безпека холодильних систем. *ASHRAE Journal*. Липень 1994. С. 17-26.

3. Сухенко В. Ю., Сухенко Ю. Г., Муштрук М. М. Показники надійності обладнання харчових виробництв. *Стандартизація. Сертифікація. Якість*. 2016. № 4. С. 12-16.

4. Остапенко О. В., Зімін О. В., Подмазко І. О., Хмельнюк М. Г. Шляхи підвищення енергоефективності холодильної установки підприємства харчової промисловості. *Холодильна техніка та технологія*. 2016. № 52 (6). С. 4-10.

5. Подмазко І. О. Підвищення ефективності роботи холодильного устаткування при термообробці харчових продуктів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.14 “Холодильна, вакуумна та компресорна техніка, системи кондиціонування” / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса : ОНАХТ, 2013. 20 с.

6. Теплохолодотехніка : навч. посіб. / С. М. Василенко, В. І. Павелко, А. В. Форсюк та ін.; за заг. ред. С. М. Василенко. К. : Ліра-К, 2019. 258 с.

7. Тітлов О. С., Горикін С. Ф. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості : навч. посіб. Львів : Новий світ 2000, 2011. 286 с.

8. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. С., Подмазко І. О. Холодильні установки та сфери їх використання : підручник. Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2014. 484 с.

9. Bukaros A. Yu., Onyshchenko O. A., Montik P. N., Malyshev V. L., Bukaros V. N. Modernization of Luenberger observer for control system of hermetic compressor electric drive. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2019. № 1. С. 230-237.

10. Dorf, Richard C., Bishop, Robert H. *Modern Control Systems*. Pearson, 2016. 1032 p.

11. <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/low-gwp-refrigerant-tool/>.

12. <https://znaytovar.ru/new2879.html>.

REFERENCES:

1. Analitychnyj ohliad stanu tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini za 2015 rik, available at: http://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2015/Glava_2.pdf.

2. Kal'm, D. M. (1994), Bezpeka kholodyl'nykh system, *ASHRAE Journal*, Lypen', s. 17-26.

3. Sukhenko, V. Yu. Sukhenko, Yu. H. and Mushtрук, M. M. (2016), Pokaznyky nadijnosti obladnannia kharchovykh vyrobnytstv, *Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist'*, № 4, s. 12-16.

4. Ostapenko, O. V. Zimin, O. V. Podmazko, I. O. and Khmel'niuk, M. H. (2016), Shliakhy pidvyschennia enerhoefektyvnosti kholodyl'noi ustanovky pidpriemstva kharchovoi promyslovosti, *Kholodyl'na tekhnika ta tekhnolohiia*, № 52 (6), s. 4-10.

5. Podmazko, I. O. (2013), Pidvyschennia efektyvnosti roboty kholodyl'noho ustatkuvannia pry

termoobrobtsi kharchovykh produktiv : avtoref. dys. ...
kand. tekhn. nauk : spets. 05.05.14 "Kholodyl'na,
vakuumna ta kompresorna tekhnika, systemy
kondytsionuvannia" / Odes. nats. akad. kharch.
tekhnolohij, ONAKhT, Odesa, 20 s.

6. Teplokhodotekhnika : navch. posib. /
S. M. Vasylenko, V. I. Pavelko, A. V. Forsiuk ta in.; za
zah. red. S. M. Vasylenko (2019), Lira-K, K., 258 s.

7. Titlov, O. S. and Horykin, S. F. (2011), Kholodyl'ne
obladnannia pidpriemstv kharchovoi promyslovosti :
navch. posib., Novyj svit 2000, L'viv, 286 s.

8. Khmel'niuk, M. H. Podmazko, O. S. and
Podmazko, I. O. (2014), Kholodyl'ni ustanovky ta
sfery ikh vykorystannia : pidruchnyk, FOP Hrin' D. S.,
Kherson, 484 s.

9. Bukaros, A. Yu. Onyshchenko, O. A. Montik,
P. N. Malyshev, V. L. and Bukaros, V. N. (2019),
Modernization of Luenberger observer for control
system of hermetic compressor electric drive,
Radioelektronika, informatyka, upravlinnia, № 1,
s. 230-237.

10. Dorf, Richard C., Bishop, Robert H. (2016),
Modern Control Systems. Pearson, 1032 p.

11. <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/low-gwp-refrigerant-tool/>.

12. <https://znaytovar.ru/new2879.html>.

*Стаття надійшла до редакції 14 квітня
2023 року*