

де  $\Pi_{\text{ел}}$  — вартість електроенергії (грн./кВт.год);

$V_{\text{сва}}$  — об'ємна витрата свіжої води;

$e_{11}$  — ексергія, що споживається електродвигуном компресора 11;

$e_{13}$  — ексергія, що споживається електродвигуном водяного насоса 13;

$e_{22}$  — ексергія, що споживається електродвигуном вентилятора 22;

$e_{32}$  — ексергія, що споживається електродвигуном вентилятора повітроохолоджувача;

$e_{42}$  — ексергія, що споживається електродвигуном насоса зволожувача;

$Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{31}, Z_{32}, Z_{41}, Z_{42}$  — нормативні відрахування від вартості та витрати на ремонт і експлуатацію компресора 11, конденсатора 12, водяного насоса 13, охолоджувача 31, вентилятора 32, зволожувача 41, насоса з електродвигуном для зволожувача 42, відповідно;

$\tau_p$  — кількість робочих годин у рік. Для отриманого значення  $Q_{\text{охл}}$ .

На підставі розробленої термоекономічної моделі [5] була проведена оптимізація режиму роботи холодильної установки (рис. 5) та визначений температурний напір в повітроохолоджувачі і зміни температур охолоджуваного та охолоджувального середовищ за фіксованої зовнішньої температури та безперервної роботи установки.

### Висновки

Таким чином, з урахуванням вищевикладеного задача підвищення ефективності активного вентилявання при зберіганні плодоовочевої продукції рішається в комплексі і залежить від оптимальних параметрів зберігання плодоовочевої продукції з урахуванням впливу витрати повітря на усущку плодоовочевої продукції, враховуючи теплофізичними характеристиками елементів плодоовочевої продукції, з раціональними характеристиками теплообмінних апаратів та оптимальним режимом холодильної установки, що сприяє процесу проектування енергоощаджуваної системи охолодження. Оптимізація системи охолодження плодоовочесховищ дозволяє скоротити змінну частину витрат приблизно на 12 %, що при тривалій експлуатації обладнання представляє собою значну економію коштів.

### Література

1. Жадан В.З. Теоретические основы кондиционирования воздуха при хранении сочного растительного сырья. [Текст] / В.З. Жадан – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 154 с.
2. Поморцева Т.И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции [Текст] / Поморцева Т.И. – М.: Академия, 2003. – 136 с.
3. Волкинд, И.П. Комплексы для хранения картофеля, овощей и фруктов. [Текст] / И.П. Волкинд. – М.: Колос, 1981. – 224 с.
4. Жихарева Н.В. Метод розрахунку процесів тепломасообміну в камерах зберігання плодоовочесховищ з повітряним охолодженням. [Текст] / Н.В. Жихарева // Холодильна техніка і технологія. – 2000, № 68. – С.32–35.
5. Жихарева Н.В. Повышение эффективности системы охлаждения плодоовощехранищ. [Текст] / Н.В. Жихарева., Хмельнюк М.Г. // Вестник международной академии холода. 2013. – Вып 4. – С. 16-20.

УДК 621.650

## ВАЖЛИВІСТЬ СТАНУ ХОЛОДИЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Хмельнюк М. Г., д-р техн. наук, професор, Лагутін А. Ю., д-р техн. наук, професор,  
Кочетов В. П., к.т.н., пр. н. сп., Томчик О. М., мол. н. сп., аспірант  
Інститут холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В. С. Мартиновича  
Одеської національної академії харчових технологій, м. Одеса

*Виконано розгляд стану холодильного господарства загальної структури зберігання продовольчих запасів та визначено головні напрямки підтримання цієї структури в оптимальному стані.*

*Complete review of the status of the overall structure of the cold storage of food stocks and identified key issues for the maintenance of this structure in optimal condition.*

**Ключові слова:** продовольча безпека, харчові продукти, виробництво, зберігання, холодильне господарство, структура, проектні рішення холодильників, знос холодильних об'єктів, енерговитрати, втрачені продукти, заходи до підтримання оптимального стану.

Право на забезпечення необхідного рівня харчування визнано світовим суспільством важливішим критерієм в «Загальній декларації прав людини», що дозволило на протязі 60-х років минулого сторіччя прийняти в країнах Європи закони, в яких вирішення проблем постачання продовольства населенню було передбачено на основі формування продовольчих запасів та забезпечення продовольчою продукцією кожної країни без імпорту з інших країн.

У 1974 році міжнародні організації ООН і ФАО визнали продовольче забезпечення глобальною проблемою, вирішення якої потребує об'єднання зусиль та коригування напрямків розвитку продовольчої безпеки в усіх країнах світу. При цьому в законодавстві більшості країн був визначений межвий рівень приєднання інших держав до свого ринку, якій взагалі не повинен перевищувати 30 %.

Сформульоване поняття продовольчої безпеки характеризує можливість забезпечення громадян продуктами харчування відповідно діючим нормам, та здатність держави мобілізувати внутрішні ресурси для наповнення продовольчого ринку продукцією вітчизняного виробництва, і таким чином гарантувати власний суверенітет.

У 2007 році Урядом України була розроблена та прийнята «Методика визначення основних показників продовольчої безпеки». Виконаний аналіз цих показників підтвердив доцільність їх використання, але одночасно дозволив зробити висновок, що всі особливості національної продовольчої безпеки вона не враховує, оскільки практично не містить показників стану загальної структури зберігання продовольчих запасів в галузях АПК.

Важливість структури холодильного господарства у забезпеченні продовольчої безпеки була підтверджена багаторічними дослідженнями працівників ОНАХТ у співробітництві з провідними інститутами інших країн світу. При цьому, вже в останній чверті ХХ-го сторіччя спрямованість аналізу стану холодильного господарства, що виконувався працівниками ОНАХТ, відрізнялася логістичною методологією, яка, на відміну від методології досліджень інших науково-дослідних організацій, враховувала взаємозв'язок умов зберігання продовольчих запасів різного призначення з властивостями самої продукції, характером будівельно-ізоляційних конструкцій і охолоджувальних систем, та станом їх фізичного і морального зносу в певних кліматичних умовах.

Така спрямованість відповідає сучасним напрямкам здійснення контролю стану структури зберігання продовольчих запасів в розвинутих країнах, наприклад спрямованості організації Council of Logistics Management (USA), яка сформулювала визначення логістики як процес планування, здійснення контролю і складування сировинних струмів при досягненні оптимальної вартості, створення запасів готової продукції та відповідної до цього інформації з ціллю задоволення потреб клієнтів від пунктів проходження до пунктів споживання.

Отримані результати досліджень дозволили зробити висновки, що в кліматичних умовах України, з високим потенціалом її АПК, розвинуте промислове виробництво в стані не тільки забезпечити продовольчу безпеку власного населення, але й здійснити експорт великої кількості власної продовольчої сировини і готової продукції.

Аналіз стану структури системи зберігання підтвердив, що недостатність загальної місткості національної системи зберігання продовольчих запасів примушує вітчизняних виробників збільшувати експорт власної продукції, або зменшувати обсяги його виробництва, тому що тривале зберігання продукції з ціллю її поступової реалізації, або обробки, без застосування холодильних технологій — неможливе.

Розгляд нормативної документації [1-6] та результатів численних обстежень НДС ІХКЕ ОНАХТ холодильників різного призначення дозволили зробити висновок про невідповідність існуючої структури холодильного господарства України сучасним вимогам до зберігання поточних і резервових продовольчих запасів.

Це обумовлено тим, що ця структура поступово створювалася на протязі минулого сторіччя як частина загальної структури холодильного господарства іншої держави, і зараз не відповідає потребам України, оскільки розташування і місткість окремих об'єктів не враховують регіональних особливостей, а запланована стратегія загального розвитку цієї структури не існує.

Ознайомлення з інформацією ВНТЦ, ASHRAE, USAID, а також з результатами провідних інститутів з багаторічних проведень обстежень холодильників різних галузей промисловості, підтвердило, що зараз здійснення оптимальної стратегії сталого відновлення та підтримання на сучасному рівні стану холодильного господарства отримує все більш важливе значення.

Розгляд результатів обстежень діючих холодильників, показав, що підтримання необхідних параметрів технологічного регламенту в об'єктах, що виконано за різними проектними рішеннями будівельних конструкцій та охолоджувальних систем, здійснюються в різних балансових умовах.

Аналіз результатів досліджень ОДАХ свідчить, що зберігання ідентичних типів продукції при підтриманні необхідних параметрів технологічного регламенту в різних балансових умовах веде до відмінної

тривалості строків зберігання та відмінного змінення показників якості в процесі зберігання, що підтвердило необхідність проведення оцінки проектних рішень при їх виборі для здійснення технологій холодної обробки і зберігання певної харчової сировини і готової продукції.

Розгляд нормативної і науково-дослідної інформації щодо технологій холодної обробки і зберігання харчової сировини і готової продукції показав, що в світовій практиці оцінка вибору проектних рішень здійснюється не тільки при проектуванні холодильних об'єктів, але й в процесах переходу до застосування нових технологій на діючих об'єктах.

Але що найбільш важливе, в розвинутих країнах виконується періодична атестація проектних рішень діючих об'єктів на відповідність новим вимогам продовольчої енергетичної і екологічної безпеки.

З врахуванням отриманої інформації працівниками НДС ІХКЕ ОНАХТ було розроблено проект методології оцінки відповідності рівня проектних рішень вимогам технологій холодної обробки і зберігання харчової сировини і готової продукції, в основу якого покладено:

1. Перевірка відповідності проектної документації об'єкта діючим державним і міжнародним нормативним документам в галузі проектування холодильників з врахуванням внесених змінень і галузевих особливостей об'єкта.

2. Перевірка відповідності будівельної конструкції та охолоджувальної системи холодильника проектному рішенню з врахуванням внесених змінень

3. Оцінка стану зносу будівельно-ізоляційних конструкцій з врахуванням теплової інерційності огорожень, щільності теплових струмів та інфільтрації повітря скрізь огороження.

4. Оцінка стану зносу охолоджувальної системи з врахуванням стану морального і фізичного зносу окремих елементів системи.

5. Визначення структурних елементів теплового балансу в приміщеннях охолоджуваного контуру та порівняння впливу цих елементів на параметри технологічного регламенту у вантажному просторі.

6. Визначення відповідності реальних показників холодильних об'єктів вимогам до здійснення запропонованих холодильних технологій з застосуванням додатніх факторів впливу та без.

Запропонована методологія розроблена з використанням діючих державних нормативних документів, а її впровадження буде сприяти сталому відновленню і модернізації холодильного господарства.

При цьому особливу увагу привертає забезпечення можливості застосування цієї методології з ціллю оцінки стану морального зносу проектних рішень, або виявлення порушень діючих вимог початкового проектної рішення внаслідок внесення змінень в процесі експлуатації. Як свідчить практика, зараз проведення обстежень об'єктів холодильного господарства без попереднього запрошення власника — неможливе.

Це обумовлено тим, як вказали результати останніх обстежень, що в більшості випадків здійснюється практика працювання до повного зносу, а зростання енерговитрат і втрат продукції компенсується цінами при реалізації продукції.

Зараз за останніми даними в Закарпатті у зв'язку зі зменшенням поголів'я скотів припинило дію 6 м'ясокомбінатів, де відразу виникли проблеми з експлуатацією незаповнених холодильників. Результати численних багаторічних обстежень холодильників підтверджують, що недостатня заповненість місткості холодильників веде до зростання енерговитрат і можливості виникнення аварійних ситуацій.

Аналіз результатів обстежень холодильників різних галузей промисловості України та інших країн, що були виконані працівниками НДС ІХКЕ ОНАХТ (ОДАХ) на протязі другої половини ХХ-го і початку ХХІ сторіччя, а також розгляд діючої нормативної документації і наукових розробок провідних наукових організацій свідчить, що в процесі експлуатації холодильників різних галузей промисловості здійснюється практика заміни холодильного обладнання при досягненні межового (аварійного) стану зносу на нове та продовження експлуатації будівельно-ізоляційних конструкцій до виникнення необхідності їх повної реконструкції, або будівництва нової споруди.

Відповідь Держстату України (лист №15/1-20/1276 від 12.10.2012) підтвердила, що визначення кількості холодильників торгівлі та промислових галузей, а також місця їх розташування планом державних статистичних спостережень не передбачено, що свідчить про відсутність загальної державної стратегії контролю стану і розвитку загальної системи холодильного господарства для зберігання плинних і резервових продовольчих запасів та підтверджує необхідність її здійснення. Викликає подив те, що одночасно питаннями оцінки стану холодильного господарства в Україні займаються закордонні організації, наприклад, USAID (Агентство США по міжнародному розвитку).

Дослідження USAID підтвердили, що стан холодильного господарства України незадовільний, у тому числі в аграрній сфері, табл. 1.

Дані USAID свідчать про те, що забезпеченість в холодильниках для зберігання різних видів рослинницької продукції знаходиться в межах 2 ÷ 22 %.

Нажаль, інформації щодо кількості обстежених холодильників і характеру самої структури, включно з використаними проектними рішеннями, не надано.

При цьому, як правило для проведення експертиз і обстежень запрошуються представники закордонних компаній, кількість представництв яких зараз безперервно зростає в Україні.

Така тактика дозволяє цим компаніям отримувати необхідну інформацію і планувати стратегію розвитку власного виробництва. При цьому здивовує, що перевірку всього холодильного господарства аграрного сектору всіх областей України, кількість об'єктів якого нараховує кілька сотен, працівники USAID здійснили в дуже стислі строки.

**Таблиця 1 – Стан холодильного господарства аграрної сфери України у 2011 р. (дані USAID)**

Вид продукції	Показники потрібної $G_n$ , та наявної $G_n$ , місткості зберігання, та їх співвідношення $G_n/G_n$	Регіони України				
		Захід	Центр	Схід	Південь	Всі регіони
Картопля	$G_n$ , тис. тон	1761	1658	547	133	4099
	$G_n$ , тис. тон	30	76	35	9	150
	$G_n/G_n$ , %	2	5	6	7	4
Овочі	$G_n$ , тис. тон	486	403	265	279	1433
	$G_n$ , тис. тон	27	45	28	47	147
	$G_n/G_n$ , %	6	11	11	17	10
Фрукти	$G_n$ , тис. тон	135	78	53	32	298
	$G_n$ , тис. тон	14	13	10	21	58
	$G_n/G_n$ , %	10	17	19	66	19
Овочі і фрукти	$G_n$ , тис. тон	621	481	318	311	1730
	$G_n$ , тис. тон	41	58	38	68	205
	$G_n/G_n$ , %	7	12	12	22	12

Привертає увагу, що при виконанні цих робіт працівники USAID не запрошували до сумісної діяльності працівників колективу НДС ІХКЕ ОНАХТ, авторитет якого підтверджується створенням на його основі філіала Міжнародної академії Холоду (IIR), а також тим, що на протязі останніх 60 років його співробітники отримали величезний досвід в процесі проведення обстежень і реконструкції більшості холодильників всіх галузей України і багатьох інших країн.

Розгляд результатів обстежень холодильних об'єктів дозволив зробити висновок про те, що зараз встановилася практика використання будівельно-ізоляційних конструкцій холодильників до повного зносу без здійснення заходів до його сталого підтримання на нормативному рівні. При цьому погіршення теплозахисних та зростання інфільтраційних властивостей будівельно-ізоляційної конструкції веде до порушення параметрів технологічного регламенту, скорочення строків зберігання і зростання втрат продукції, що примушує використовувати холодильне обладнання в непридатних умовах на протязі більш довгого часу щоденно, веде до зростання енерговитрат і скорочення строків експлуатації холодильного обладнання. В багатьох випадках це примушує до встановлення додатного холодильного обладнання.

Обмірковування цих ситуацій з працівниками організацій-власників холодильних об'єктів дозволило зробити висновок, що головною причиною відмовлення від періодичного профілактично-оновлюючого ремонту є необхідність досить тривалого припинення або зменшення оборту продукції на цьому холодильнику.

Запланована логістика дистанційного моніторингу холодильників загальної структури холодильного господарства АПК і Держкомрезерву передбачає на основі обробки інформації електронних паспортів визначати стан морального і фізичного зносу окремих об'єктів та холодильного господарства в цілому, та надавати отриману інформацію і рекомендації відповідним установам для прийняття рішень по сталому підтриманню холодильного господарства на оптимальному рівні, та забезпеченню державної енергетичної і продовольчої безпеки.

Розглянута інформація ВНТЦ, USAID, ASHRAE, IIR щодо здійснення контролю стану об'єктів холодильного господарства, а також аналіз результатів багаторічних обстежень окремих холодильників різних галузей промисловості підтвердили доцільність впровадження електронних енерго-технологічних паспортів холодильних об'єктів з щорічною реєстрацією показників, до переліку яких повинно бути надано:

– дані і дата розробки першопочаткового проектного рішення холодильного об'єкта, а також дані і дати внесення змінень в будівельно-ізоляційні конструкції та охолоджувальні системи в процесі експлуатації;

– перелік складових частин холодильного обладнання, з вказівкою на дату їх виготовлення, а також строків загальної, та за останній рік, тривалості експлуатації;

– рівень оборотності вантажів, (тон/рік);

– коефіцієнт робочого часу, що характеризує тривалість використання холодильного обладнання об'єкта на протязі року;

– встановлена холодовидатність обладнання та її відношення до 1 тони місткості;

– загальні енерговитрати на виробництво холоду на протязі року;

– загальне виробництво холоду на протязі року з врахуванням температурного регламенту окремих споживачів холоду;

– виробництво холоду на холодильну обробку і зберігання 1 тони продукції з врахуванням температурного регламенту окремих споживачів холоду;

– зведені витрати на виробництво холоду (грн/т).

При проведенні аналізу стану будівельно-ізоляційних конструкцій запропоновано враховувати їх можливі дефекти і пошкодження.

Стан будівельно-ізоляційних конструкцій холодильників запропоновано кваліфікувати наступним чином:

1. Нормальний (категорія I) — при відсутності необхідності в проведенні ремонтно-відновлювальних робіт у зв'язку виникненням наявних дефектів і пошкоджень.

2. Задовільний (категорія II) — у випадку наявності невеликих дефектів і пошкоджень, для позбавлення від яких виконуються необхідні заходи.

3. Непридатний для нормальної експлуатації (категорія III) — у випадку неможливості підтримання нормативних вимог технологічного регламенту.

4. Аварійний (категорія IV) — у випадку наявності критичних дефектів і пошкоджень, які свідчать про небезпеку перебування обслуговуючого персоналу в будівлі холодильника та примикаючі до нього додатних спорудах.

Виконання перевірок опору прониканню повітря і теплового струму скрізь огороження запропоновано здійснювати тільки відповідно діючим стандартним методикам (ГОСТ 25891-83, ГОСТ 25380-82). Здійснення заходів для забезпечення нормальних умов експлуатації холодильників повинно відповідати державним будівельним нормам України ДБНВ.2.2-12-2003 та переліку наданих у ньому нормативних документах.

Останні дослідження ІХКЕ дозволили зробити висновки, що стабільність підтримання нормативних параметрів технологічного регламенту значно залежить від показників теплової інерційності зовнішніх огорожень, які поступово погіршуються в процесі експлуатації традиційних масивних конструкцій, а при використанні сандвіч-панелей від'ємний вплив безінерційності ще більший.

Результати досліджень дозволили вперше зробити висновки про доцільність проведення досліджень і розробки заходів для збільшення теплової інерційності самого вантажного простору, та його акумулятивної здатності до накопичення холоду.

В результаті при виборі показників для здійснення логістики дистанційного моніторингу вперше запропоновано показники акумулятивності і теплової інерційності вантажного простору та теплової інерційності огорожуючих конструкцій холодного контуру.

Виконаний аналіз отриманої інформації дозволив запропонувати головні показники оцінки стану холодильного господарства для здійснення його сталого дистанційного енерго-технологічного моніторингу з ціллю підтримання на сучасному рівні.

До переліку головних показників оцінки стану регіональних та загальної структури холодильного господарства надано наступні:

– співвідношення загальної місткості холодильного господарства кожного регіону України та кількості населення цього регіону,  $\eta_p = V_p / N_p$ , кг/люд;

– співвідношення загальної місткості холодильного господарства України та загальної кількості населення,  $\eta_z = V_z / N_z$ , кг/люд;

– показники застарілості проектних рішень холодильників регіональних структур та загальної структури холодильного господарства за даними електронних паспортів окремих об'єктів, які враховують відповідність показників цих проектних рішень діючим зараз законодавчим нормативним вимогам (– відповідає; — не відповідає в цілому; – не відповідає за пунктами \_\_\_);

– загальні енерговитрати холодильного господарства кожного регіону за кожний квартал,  $W_{рег. кв} = \sum W_{рег. хол. кв.}; W_{рег. рік} = \sum W_{рег. кв.};$



- загальні енерговитрати холодильного господарства України в цілому за рік,  $W_{заг. рік} = \sum W_{рег. рік}$ ;
- зведені питомі витрати на виробництво холоду в регіональних структурах та загальному холодильному господарстві з врахуванням особливостей галузей промисловості, грн/т;
- встановлена холодовидатність та енергоспоживча потужність холодильного обладнання окремих регіонів та холодильного господарства в цілому.

Запропоновані показники запропоновано надавати до інформаційного банку ОНАХТ ІХКЕ для обробки і систематизації даних.

Отримання вищевказаних показників дозволить здійснювати логістику дистанційного моніторингу загальної структури холодильного господарства, та надавати отриману інформацію і рекомендації відповідним установам для підтримання холодильного господарства на сучасному рівні з ціллю забезпечення продовольчої і енергетичної безпеки.

### **Висновки**

Отримана інформація підтверджує актуальність оптимального розвитку холодильного господарства для забезпечення національної продовольчої безпеки та необхідність впровадження методології дистанційного логістичного моніторингу для сталого контролю і оцінки стану окремих об'єктів та загальної структури холодильного господарства.

### **Література**

1. (ДБН В.1.2-11-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії».
2. ВНТП –СгіП- 46-14.96/ МСГПУ . «Бази і склади комплектування та забезпечення АПК України»;
3. Наказ Держкомрезерву України №172/142 від 14.07.04.
4. IARW, Global Cold Storage Capacity Report, [www.iarw.org/hq/aboutus/capacity](http://www.iarw.org/hq/aboutus/capacity) Lasp. 2008.
5. С-ПТУХП (НТП АПК 1.10.12.001-02 «Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции» та ін.
6. IIR. Report on Refrigeration Sector Achievements and Challenges. 2002.