

**М.Г. Хмельнюк
В.П. Кочетов
А.В.Форсюк**

Проектування холодильників для зберігання плодоовочевої продукції

М.Г. ХМЕЛЬНЮК, В.П. КОЧЕТОВ, А.В.ФОРСЮК

ПРОЕКТУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Підручник



Херсон
Видавець Грінь Д.С.
2015

УДК 621.565 (075)
ББК 31.392
Х 73

Копіювання, сканування, запис на електронні носії і
тому подібне книжки в цілому або будь-якої її
частини заборонено

Рекомендовано методичною комісією напряму
«Енергетика» науково-методичної ради
Одеської національної академії харчових технологій.
Протокол № 7 від 24 грудня 2014р.

Рецензенти: Радченко М.І. проф. д-р. тухн. наук. завідувач кафедри кондиціонування та
рефрижерації Національного університету кораблебудування імені адмірала
Макарова.

Потапов В.О. проф. д-р. техн. наук. завідувач кафедри холодильної та торговельної
техніки Харківського державного університету харчування та торгівлі

Автори: Хмельнюк М.Г., д-р. техн. наук., професор, завідувач кафедри холодильних машин,
установок і кондиціонування повітря ОНАХТ.

Кочетов В.П., к.т.н., доцент кафедри холодильних машин, установок і
кондиціонування повітря ОНАХТ.

Форсюк А.В. к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ

Під загальною редакцією
доктора технічних наук, професора М.Г. Хмельнюка

Хмельнюк М.Г., Кочетов В.П., Форсюк А.В.

Х 73 Проектування холодильників для зберігання плодовоовочевої продукції: Підручник /
[М.Г. Хмельнюк, В.П. Кочетов, А.В. Форсюк] Під заг. ред. М.Г. Хмельнюк. – Херсон:
ФОП Грінь Д.С., 2015. – 162 с.

ISBN 978-617-7243-66-2

У даному підручнику надана методологія проектування холодильників плодовоовочесховищ
на основі використання інформації діючих державних та міжнародних норм проектування
будівельних конструкцій холодильників-плодовоовочесховищ різного призначення (ДБН), та
інформації діючих державних та міжнародних стандартів щодо властивостей продукції та
технологічного регламенту її зберігання.

Звернуто увагу на необхідність перевірки нормативних документів на внесення змін.
Підручник може бути використаний студентами вузів, що навчаються по спеціальностях
«Холодильні машини і установки», а також фахівцями в галузі холодильної техніки і
технології при виконанні проєктних розробок будівництва нових або реконструкції діючих
холодильників для зберігання рослинницької продукції.

This tutorial presents the methodology of designing refrigerators for storing fruits and vegetables
through the use of national and international standards for design of building structures of
refrigerators for various purposes (ДБН) and information of existing national and international
standards about the properties of the products and technological regulation of its storage.

Drawn attention to the need to review regulations to make the change. The tutorial can be used
by University students, who study in refrigerating machines and plants, as well as engineers and
scientists in the development of projects of construction of new and reconstruction of operating the
refrigerator for the storage of plant products.

ББК 31.392

ISBN 978-617-7243-66-2

© Хмельнюк М.Г., Кочетов В.П., Форсюк А.В., 2015

ПЕРЕДМОВА

Історичний досвід боротьби з продовольчими кризами показав, що саме штучний холод є одним з механізмів, який дозволяє в значній мірі вирішити глобальну проблему дефіциту продовольства для населення всіх країн світу, суттєво зменшити втрати харчових продуктів та збільшити строки їх зберігання з високою товарною якістю шляхом гальмування метаболічних процесів старіння продукції.

Зростання чисельності населення та кліматичні зміни, що відбуваються на протязі останніх десятиліть, загострюють вирішення проблем цілорічного забезпечення населення продуктами харчування у зв'язку зі зростанням потреб у збільшенні обсягів виробництва продукції та зростанням її втрат в процесі зберігання. Тому наявність штучного холоду в безперервній мережі від виробництва до постачання продовольства кінцевому споживачу стала обов'язковою умовою забезпечення продовольчої безпеки в кожній країні світу.

За даними [1] наприкінці минулого сторіччя у найбільш складному стані у світі опинилося холодильне господарство системи зберігання плодоовочевої продукції.

Відповідно статистичним даним ІІР питома місткість холодильників плодоовочесховищ у 1990 році склала у розвинутих країнах $\approx 0,2 \text{ м}^3$, а в країнах що розвиваються - $\approx 0,052 \text{ м}^3$ на людину, а втрати овочів і фруктів, відповідно рівню питомої місткості холодильників – $\approx 15\%$ та $\approx 40\%$.

Ці дані підтвердили недостатність необхідної, рекомендованої FAO (ВОЗ) нормативної питомої місткості зберігання рослинницької продукції, та необхідність здійснення стратегії оптимального подальшого розвитку холодильного господарства в багатьох країнах світу.

Вирішення цієї проблеми почало привертати все більшу увагу, оскільки при наявності достатньої загальної місткості холодильників в сировинній зоні і усіх галузях промисловості, включно з Державним Резервом, створення запасів для продовольчої безпеки може бути повністю забезпечено вітчизняною продукцією, виробництво якої знаходиться в Україні на необхідному рівні.

В деяких випадках відсутність необхідної місткості холодильників веде до зростання імпорту попередньо експортованої власної продукції, яка повертається зворотно по більш високих цінах після зберігання або переробки за кордоном.

Незважаючи на прийняті в останні роки заходи до збільшення загальної місткості холодильного господарства, в більшості країн світу, у тому числі в Україні, стан холодильного господарства для зберігання рослинницької продукції залишається незадовільним, оскільки, введення нових об'єктів в дію одночасно супроводжується виведенням з дії багатьох об'єктів, що морально і фізично практично повністю зношені.

Велику увагу привертають результати обстежень холодильного господарства України, що були виконані Агентством США по Міжнародному Розвитку (USAID) у 2011 році, табл. 1 [1].

Ці дані підтвердили, що державна стратегія повинна бути спрямована на здійснення розвитку структури зберігання продовольчих запасів не тільки шляхом будівництва нових об'єктів, але й шляхом сталого підтримання діючих об'єктів на сучасному рівні, відповідно вимогам діючих і сталіс обновлюваних державних стандартів і нормативних документів.

Ці дані підтвердили, що державна стратегія повинна бути спрямована на здійснення розвитку структури зберігання продовольчих запасів не тільки шляхом будівництва нових об'єктів, але й шляхом сталого підтримання діючих об'єктів на

сучасному рівні, відповідно вимогам діючих і постійно оновлюваних державних стандартів і нормативних документів.

Таблиця 1. Дані USAID про стан холодильного господарства аграрної сфери в Україні у 2011 р.

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

Головною причиною виведення з дії холодильників картопле- і плодоовочесховищ є виникнення великих втрат продукції та енерговитрат, що не компенсуються прибутками від реалізації продукції зберігання.

При цьому, при спробах відновлення холодильного обладнання та будівельно-ізоляційних конструкцій, виникають проблеми пов'язані з припиненням виробництва холодильного обладнання аналогічного спрацьованому, та з невідповідністю початкового типового або індивідуального проектного рішення новим діючим державним будівельним нормам (ДБН).

Для вирішення цієї проблеми в даному підручнику запропоновано застосування нових діючих норм проектування холодильників для зберігання рослинницької продукції АПК, та використання нових нормативних документів в проектах модернізації діючих об'єктів холодильного господарства, проектні рішення яких не відповідають діючим вимогам.

Велика увага приділена результатам багаторічних досліджень та досвіду розробки проектів реконструкції великої кількості холодильників плодоовочесховищ, що були здійснені працівниками наукових шкіл заслужених діячів науки України, професорів І.Г. Чумака, В.З. Жадана і В.П.Чепурненко.

Результати цих досліджень і розробок дають можливість отримати більш повне уявлення взаємозв'язків окремих показників і факторів впливу на зберігання рослинницької продукції, що дозволяє здійснювати оптимальний вибір конструктивних рішень будівельно-ізоляційних конструкцій і охолодних систем.

В даному підручнику передбачено розташування довідкової таблиці для щорічного заповнення інформацією щодо внесення змінень в діючі нормативні документи.

ВСТУП

В промисловій практиці при проектуванні холодильників різного призначення головними керівними документами є міжнародні і державні стандарти діючі в Україні, а також діючі будівельні норми і правила, вказівки по промислового будівництва, каталоги типових проектів, будівельних конструкцій і деталей.

При розробці проектною документації обов'язково приймаються до уваги галузеві діючі нормативні і керівні документи, що визначають головні оптимальні технічні напрямки проектування, перспективи розвитку і специфіку галузі, для якої розробляється проект.

В діючі державні і міжнародні нормативні документи вносяться змінення в ході появи нових більш ефективних і апробованих розробок, а також внаслідок змінення кліматичних умов, правил техніки безпеки і вимог охорони навколишнього середовища.

Досить часто державні стандарти і нормативні документи повністю скасовуються, та натомість вводяться нові.

Тому в реальній промисловій практиці державними органами здійснюється ретельна перевірка відповідності розроблених проектів до діючої нормативної документації.

У випадку виявлення невідповідності проектною розробки діючим нормативним документам, вона повертається до виконавця для виправлення, що відмінно впливає на професійний авторитет проектною організації та її співробітників.

У тих випадках, коли невідповідність розробленого проекту до діючої нормативної документації виявляється після введення холодильного об'єкта в дію, розробник притягується в судовому порядку до компенсації виявлених втрат і витрат на виправлення помилок.

При розробці проектних рішень поперед усього повинні враховуватися властивості продукції, що закладається на зберігання.

Така спрямованість обумовлена тим, що ідентичні види і сорти продукції, що вирощуються та постачаються до холодильника з окремих регіонів, мають різні властивості і здатність лежати. Більш того, багаторічні дослідження ІХКЕ ОНАХТ показали, що щорічні відмінності погодних умов в період вирощування продукції, також змінюють її властивості.

Тому, поперед початком розробки проектних рішень, необхідно ознайомитися з нормативними документами, що характеризують властивості продукції і регламентують умови її зберігання. Посилання на ці документи необхідно обов'язково додати до розробленої документації.

Ця вимога обумовлена тим, що на практиці виникає досить багато випадків, коли після запускання холодильника, при підтриманні передбачених проектом параметрів технологічного регламенту, несподівано різко скорочуються строки зберігання продукції у товарному вигляді.

Ця вимога обумовлена тим, що на практиці виникає досить багато випадків, коли після запуску холодильника, при підтриманні передбачених проектом параметрів технологічного регламенту, несподівано різко скорочуються строки зберігання продукції у товарному вигляді.

В результаті виникають великі фінансові втрати внаслідок наднормативного усихання і псування продукції, а більш за все – неможливості реалізації продукції в запланований період.

В основі виникнення таких кризових ситуацій часто лежить завантаження на зберігання рослинницької продукції, що не передбачена проектним рішенням, або завантаження необхідного виду продукції, але зі зміненими властивостями.

Тому при проектуванні холодильників картопле- і плодоовочесховищ передбачаються варіанти зберігання з врахуванням властивостей продукції, що вирощується в конкретному регіоні, або постачається з окремих регіонів.

При цьому проектувальник повинен обов'язково отримати документально завірену інформацію щодо властивостей продукції, яка буде зберігатися, та її здатності лежати. Така інформація може бути отримана від власників холодильників, що діють в цих регіонах.

Проте, не в усіх випадках це можливе. Тому проектувальники розглядають державні і міжнародні нормативні документи, і рекомендації по зберіганню плодоовочевої продукції певних видів.

В результаті визначається певний діапазон параметрів технологічного регламенту для даних видів продукції і передбачається можливість підтримання їх на певному рівні для однакових видів продукції з різними властивостями.

Тому проектні рішення в галузі вибору технології холодної обробки і зберігання є основою для прийняття оптимальних інженерно-технічних рішень при проектуванні холодильників картопле- і плодоовочесховищ.

Отримання в учбовому процесі навичок користування державними стандартами і нормативними документами виконуючи проектні рішення холодильників різного призначення є обов'язковою умовою отримання високої професійної кваліфікації за спеціальністю 7(8).05060403 «Холодильні машини і установки».

Мета даного підручника – забезпечити можливість виконання курсових і дипломних робіт з проектування холодильників для зберігання плодоовочевої продукції відповідно міжнародним і державним стандартам і нормативним документам, що діють в Україні.

Відповідно сформульованому напрямку, на основі ВНТП-11-80, НТП-АПК1.10.12.001-02 і діючих ДСТУ у підручнику послідовно розглянуті питання технологічного проектування холодильників для зберігання фруктів, овочів і картоплі, включаючи вибір технологій холодної обробки і зберігання плодоовочевої продукції, з врахуванням її призначення, сортових і регіональних особливостей, виду пакування, складування і можливості застосування додаткових факторів впливу.

На основі СНіП 2.11.02-87 «Холодильники» наведено правила вибору об'ємно-планувальних рішень, питання тепло- і пароізоляції, визначення теплового навантаження, вибору і розташування холодильного обладнання.

Наведено довідкові нормативні дані щодо властивостей і параметрів технологічного регламенту холодної обробки і зберігання основних видів плодоовочевої продукції (картопля, овочі, баштанні, фрукти, ягоди, виноград), що перелічені в Постанові КМ України «Питання продовольчої безпеки» №1379 від 05.12.07.

Передбачено, що надана інформація щодо діючих державних стандартів і нормативних документів в галузі проектування холодильних об'єктів і оформлення проектної документації підлягає щорічному коректуванню у зв'язку зі змінами, що вносяться в нормативну документацію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Исследование текущего состояния и тенденций развития оптовых сельскохозяйственных рынков и логистических центров в южном регионе украины.- Агентство США по международному развитию (USAID) /<http://ukraine.usaid.gov/> 2011, с.1-21
2. Reuter H. : Zum Energiebedarf der industriellen Lebensmittelverarbeitung. Z. Lebensmittel Technologie, 1980, 3, s. 132-136
3. Z. Gruda, J. Postolski : Zamrażanie żywności. Warszawa: Wyd. Naukowo-Techniczne, 1999,-685 s.
4. Van't Hoff: Lectures on Theoretical Chemistry.-//Smits, Z., Pphysical . Chem., 1911, - 708.
5. Gomes T.M., CalveloA. On the Ice Growth mechanisms during beef freezing.//Bull.IIR Ann.Hamilton 1982, 1, s.83-90
6. Dobish-Kopidlovska D.: Wplyw wysokich ciśnień na żywność. –XLII Miedzynarodowy Kongres Nauki, Lillehammer 1996. Z, GM 1997.2, s. 32-33
7. Аверин Г.Д. и др. Физик-охимические основы обработки пищевых продуктов/Под ред. Э.И. Каухчешвили.– М.: Госторгиздат., 1985.с. 83-90.
8. Heise R. : Entwicklungstendenzen der Lebensmittel technologie. Z. Lebensmittel Technologie. 1979, 5, s. 168-173
9. Холодильная техника. Энциклопедический справочник. . // Под. ред.. Ш.Н. Кобулашвили. – М. : Госторгиздат, 1961. Т.1, с. 55
10. Алямовский И.Г. Тепло- и массообмен при охлаждении пищевых продуктов// Автореф. докт. диссерт., Л. :ЛТИХП, 1972.-36 с.
11. Алямовский И.Г. Температурное поле ограниченного тела , имеющего форму параллелепипеда с непрерывно действующим источником тепла.: Сб. Тепло- и массообмен.- Минск, 1965, т.5, с. 36-38
12. Алямовский И.Г. Температурное поле ограниченного тела , имеющего форму параллелепипеда с непрерывно действующим источником тепла.: Сб. Тепло- и массообмен.- Минск, 1965, т.5, с. 36-38
13. Schwartzberg H. : Mathematical Analysis of the Freezing and Thawing of Foods. University of Massachusetts, Armherst, , MA.
14. Рютов Д. и др.. Хранение пищевых продуктов на холодильниках. –М.-Л. : Пищепромиздат, 1939.
15. Plank R. Über die Gefrierzeit von Eis und Wasserhaltigen Lebensmitteln. – Zeitschrift für die gesamte Kälte – Industrie, 1913, №6; 1932, №4
16. Levy F. L. : Meat-towards better anterstanding of the mechanism of weight losses/- Bull.IIR, Ann. Bressanone , 1974, 3, s. 1012-114
17. Kluza F., Spiess W. : Freezing time prediction for foods using the new simple model. XIXth Int. Congr. Refrig. Haga 1995. Proceed.IIIa, s. 630-636
18. Kluza F.: Zakres zamarzania owoców, warzyw oraz soków owocowo-warzywnych jako wynik oddziaływania warunków ich chłodzenia s właściwości fizycznych j oraz modyfikacji składu productu. Chłodnictwo. 1997,1 s.35-39

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СВІТОВА СТРАТЕГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ І ЗНАЧЕННЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗАПАСІВ ПРОДОВОЛЬСТВА	7
1.1. Тенденції розвитку системи холодильного зберігання запасів рослинницької продукції в країнах світу.....	7
1.2. Загальні відомості щодо тенденції розвитку системи холодильного господарства для зберігання запасів плодоовочевої продукції в Україні.....	15
1.3. Основні напрямки підтримки на сучасному рівні стану структури холодильного господарства для зберігання плодів, овочів і картоплі.....	19
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ	23
2.1. Фізичні умови зберігання в холодильниках плодоовочесховищах. Визначення головних понять.....	23
2.2. Основні положення будівельних норм проектування холодильників плодоовочесховищ.....	26
2.3. Спеціальні вимоги до об'ємно-планувальних і конструктивних рішень холодильників плодоовочесховищ.....	30
2.4. Вимоги до вентиляційних систем.....	32
2.5. Вимоги до систем холодопостачання.....	33
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В ОХОЛОДЖЕНОМУ СТАНІ ...	36
3.1. Загальні конструктивні вимоги.....	36
3.2. Вимоги до упакувань і тари для рослинницької продукції.....	40
3.3. Основні вимоги до систем регулювання газового середовища.....	41
РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ЗАМОРОЖУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ЗАМОРОЖЕНОЇ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	46
4.1. Основні положення зберігання замороженої рослинницької продукції.....	46
4.2. Теоретичні основи процесу заморожування рослинницької продукції.....	47
4.3. Фізичні властивості замороженої рослинницької продукції.....	50
4.3.1 Взаємозв'язок температури і вологовмісту.....	50
4.3.2. Теплофізичні і механічні властивості замороженої рослинницької продукції.....	52
4.3.2.1 Теплоємність.....	52
4.3.2.2 Теплопровідність.....	53
4.3.2.3 Температуропровідність.....	54
4.3.2.4 Ентальпія.....	55
4.3.2.5 Механічні властивості.....	55
4.4. Кінетика процесу заморожування.....	55
4.5. Тривалість періоду заморожування.....	57
4.6. Швидкість заморожування.....	60
4.7. Вплив різних факторів на процес заморожування.....	62

РОЗДІЛ 5. КОМПОНУВАННЯ КАМЕР ЗБЕРІГАННЯ

ФРУКТО – І ОВОЧЕСХОВИЩ	69
5.1. Вибір приладів охолодження.....	69
5.2. Вибір системи регулювання газового середовища.....	71
5.3. Системи охолодження камер холодильної обробки і зберігання плодів та овочів	73
5.4. Загальні положення організації проектування.....	78
5.5. Визначення теплових навантажень на холодильне обладнання	82
5.5.1. Розрахунок надходження теплоти через огороження.....	82
5.5.2. Розрахунок надходження теплоти від плодоовочевої продукції під час холодильної обробки та від дихання.....	86
5.5.3 Розрахунок надходження теплоти під час вентиляції охолоджуваних приміщень	87
5.5.4. Розрахунок експлуатаційних теплонадходжень.....	88

РОЗДІЛ 6. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

ХОЛОДИЛЬНИКІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	90
6.1.Отримання завдання на проектування та ознайомлення з його змістом	90
6.2 Ознайомлення з головними положеннями проектування холодильників для зберігання рослинницької продукції	91
6.3. Визначення вимог до розташування холодильника в заданому регіоні	92
6.4. Визначення кліматичних умов розташування холодильника.....	92
6.5. Визначення асортименту видів рослинницької продукції, призначеної до холодильної обробки та подальшого зберігання	93
6.6. Визначення теплофізичних властивостей обраних видів продукції, та параметрів регламенту її обробки, транспортування і зберігання	93
6.7. Вибір напрямку виконання завдання	94
6.8. Вибір будівельно-ізоляційної конструкції холодильника.....	95
6.9. Вибір конструктивного рішення будівлі холодильника	95
6.10. Планування поверхових структур камер холодного контуру	96
6.11. Розрахунок товщини теплоізоляції та термічного опору і теплоінерційності огорожень холодного контуру	100
6.12. Створення і узгодження кінцевої схеми розташування камер і транспортних коридорів на поверхх	100
6.13. Визначення теплового навантаження на охолоджуючі прилади камер.....	101
6.14. Вибір типу систем охолодження камер	102
6.15. Розташування камерного обладнання.....	102
6.16. Розрахунок і вибір основного холодильного обладнання.....	103
6.17. Розрахунок і вибір додаткового обладнання.....	105
6.18. Компоновка машинного відділення.....	105
6.19. Складання схеми холодильної установки	106
6.20.Складання та опис системи автоматизації	106
6.21. Економічні розрахунки	106
6.22. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини проекту.....	106
6.22.1 Розрахунково-пояснювальна записка.....	106
6.22.2 Графічна частина	107
6.23. Узагальнені рекомендації щодо визначення теплового балансу.....	108

6.23.1. Розрахунок теплонадходження у камери через огородження.....	109
6.23.2. Розрахунок теплонадходження від обмінної вентиляції	111
6.23.3. Теплове навантаження внаслідок відчинення дверей.....	111
6.23.4. Розрахунок теплового навантаження при термообробці плодоовочевої продукції	113
6.23.5. Розрахунок теплонадходження від дихання плодоовочевої продукції в процесі зберігання	113
6.23.6. Теплове навантаження від освітлення.....	114
6.23.7. Теплове навантаження від обслуговуючого персоналу.....	114
6.23.8. Теплове навантаження від підйомно-транспортних засобів	115
6.23.9. Визначення загального теплового навантаження.....	115
6.23.10. Забезпечення надійності розрахунків.....	116

Додатки.....	117
---------------------	------------

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	157
-------------------------------	------------