

**О.Г. Бурдо
Ф.А. Трішин
І.І. Яровий**



ВПРОВАДЖЕННЯ

**Енергетичний моніторинг
харчових і переробних
виробництв**

О.Г. Бурдо, Ф.А. Трішин, І.І. Яровий

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПІДРУЧНИК



Одеса
«Маджента»
2020

УДК 338.45.003.13:620.91
ББК 65.304-96:36
Б 912

Рецензенти

Хмельнюк Михайло Георгійович

д. т. н., професор,

завідувач кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ;

Бунецький Володимир Олександрович

голова Громадської Спілки «Українська пелетна асоціація»,

керівник ТОВ «БМ-ІНЖИНІРІНГ»;

Тасимов Юрій Миколайович

віце президент Одеської обласної ради

«Спілки наукових та інженерних об'єднань України».

Рекомендовано до друку

Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій

Протокол № 17 від 2 червня 2020 р.

Бурдо О.Г.

Б 912 Енергетичний моніторинг харчових і переробних виробництв: підручник / О.Г. Бурдо, Ф.А. Трішин, І.І. Яровий. – Одеса : Маджента, 2020. – 246 с.: іл. 81, табл. 49.

ISBN 978-617-7980-00-0

Підручник призначений для студентів, магістрів, аспірантів, докторантів, дослідників енергетичних технологій та керівників всіх рівнів, які вирішують питання енергозабезпечення, наукових співробітників та фахівців – проектувальників технологічного обладнання.

Підручник містить відомості з енергетичної ситуації в світі, в Україні та в АПК, загальні методологічні принципи енергетичних досліджень та методів енергоменеджменту. Надано основи аналізу теплової ефективності будівель, устаткування, наведено приклади ефективного використання енергії.

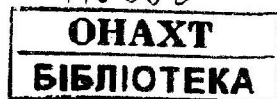
Представлені результати досліджень, тенденції розвитку теплонавантаженого обладнання, обґрунтовано нові підходи при вдосконаленні енерготехнологій АПК. Пропонуються сучасні підходи і нові апарати для харчоконцентратної, консервної, вино-коньячної, м'ясо-молочної, хлібопекарної, і зернопереробної галузей.

УДК 338.45.003.13:620.91

ББК 65.304-96:36

ISBN 978-617-7980-00-0

716 380



© Бурдо О.Г., Трішин Ф.А.,
Яровий І.І., 2020

ПЕРЕДМОВА

*Енергія – це товар, ефективно використання
якого у виробництві і послугах дасть прибуток,
а марнотратне – зробить банкрутом...*

Виробництво продуктів харчування в Україні вимагає витрат енергії в 2 ... 5 разів більших, ніж в індустріально розвинених країнах. Історичні передумови гальмують процес підвищення енергетичної ефективності як в країні в цілому, так і на підприємствах харчових галузей зокрема. В Україні щодня можна економити десятки мільйонів гривень за рахунок впровадження енергоефективних процесів і технологій.

Підприємства АПК є лідерами за кількістю споживаних енергетичних ресурсів. До 19% паливо – енергетичних ресурсів у країні витрачається підприємствами АПК. При цьому до 40% енергії в харчових технологіях може заощаджуватися за рахунок простих, безвитратних та маловитратних методів. Все ще малопопулярною залишається ідея того, що інвестувати в енергоефективні проекти є економічно вигідним. Однак саме такі інвестиції окупаються на протязі досить короткого часу, за рахунок того, що знижуються витрати енергії, ціна якої вже світового рівня. На першому етапі модернізацій, потрібно зовсім небагато витрат для того, щоб істотно знизити витрати енергії на діючому обладнанні. Величезні резерви є у ліквідації таких звичних для нас прямих втратах ресурсів. Саме вони найчастіше дають до 75% втрат енергії.

Переведення харчових технологій на прогресивні принципи, особливо на високотехнологічні способи адресної доставки енергії та нанотехнології, відкривають нові можливості удосконалення виробництва при істотному зниженні витрат ресурсів.

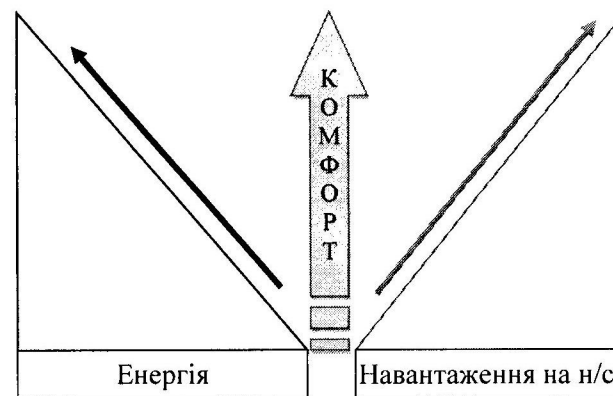
У підручнику представлена інформація з розвитку енергетичних проблем в світі, в Україні, в бюджетній сфері, в АПК. Визначено специфіку енергетичної ситуації в Україні, енергетичної політики держави, обґрунтовано шляхи підвищення ефективності використання енергії в системних задачах. Представлені основні принципи енергетичного аудиту та менеджменту. Наведені приклади різкого скорочення витрат енергії та скорочення втрат продукту в зерносушильних, харчоконцентратних, консервних, м'ясо-молочних, ко-

нячних, хлібопекарських та інших технологіях. У довіднику використаний досвід консалтингової лабораторії «ТЕРМА», накопичений під час проведення енергетичних обстежень підприємств АПК Одеського регіону.

Підручник призначений для владних структур, працівників АПК, викладачів і студентів технологічних і економічних вищих навчальних закладів.

ВСТУП

Людина протягом всієї історії розвитку цивілізації прагнула підвищити рівень комфортності свого життя. Ступінь комфорту, якого досягала людина на черговому етапі, практично ніколи вже не знижувався. Це логічно в тенденціях розвитку всього людства. Природним є прагнення слаборозвинених країн підвищити рівень комфорту до стандартів західної Європи. Природним є бажання європейця поліпшити вже досягнуті життєві показники. Однак для збільшення рівня комфорту людині слід збільшити витрату ресурсів, і в першу чергу – енергії. Видобуток енергоносіїв та їх переробка мають прямий негативний вплив на середовище існування людини. Як наслідок – підвищення якості життя призводить до зростання навантаження на навколишнє середовище. Парадоксально, але збільшення рівню комфорту, неминуче погіршує умови середовища існування людини. Який же він – розумний баланс між рівнем комфорту та впливом на навколишнє середовище, чи можна розумно, без шкоди для природи використовувати енергоресурси? Як витрачати тільки абсолютно необхідну кількість енергії при збереженні досягнутого рівня комфорту і, навіть, підвищувати його.



Для задоволення зростаючих вимог комфортності в побуті, у сфері послуг і на виробництві (опалення, кондиціювання повітря, автоматизація, використання інформаційних технологій та 5G), людство витрачає все більше і більше енергії, відповідно зростає

навантаження на навколишнє середовище. Ми вже на порозі нового протиріччя – сучасний рівень видобутку і переробки енергоносіїв призвів до серйозних проблем із захистом навколишнього середовища. Забруднення довкілля все більше суперечить умовам комфортності існування людства. Слід негайно шукати шляхи різкого скорочення витрат енергоносіїв, зменшення інтенсивності процесу забруднення навколишнього середовища при подальшому підвищенні рівня комфортності існування людини.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	5
1. Енергозабезпечення. Історія. Статистика. Прогноз	7
1.1 Ресурси - глобальна світова проблема	7
1.2 Енергія і життя людини	7
1.3 Глобальна прогнозна модель «Римського клубу»	9
1.4 Розподіл енергоносіїв між країнами	10
1.5 Зростання населення планети	11
1.6 Динаміка індустріального розвитку	12
1.7 Прогноз вартості енергоносіїв	13
2. Енергетична криза в Україні	19
2.1 Потреба в енергетичних ресурсах	19
2.2 Енергетична ефективність економіки	23
2.3 Міжнародні зобов'язання України	29
2.4 Енергетична політика України	30
2.5 Законодавча база	31
2.6 Енергетичні парадокси України	33
2.7 Бар'єри при впровадженні енергоефективних технологій	34
2.8 Прогноз підвищення енергетичної ефективності економіки	35
2.9 Обґрунтування пріоритетів	36
3. Підвищення ефективності використання енергії в теплопостачанні	38
3.1 Актуальність проблеми	38
3.2 Енергетична ефективність систем теплопостачання	40
3.3 Досвід енергоефективних міст Європи	42
3.4 Шляхи підвищення енергетичної ефективності будівель	44
3.5 Система управління використанням енергії	45
3.6 Центр енергетичного моніторингу	46
4. Енергетичний моніторинг будівель	51
4.1 Енергетичний аудит в будівлях	51

4.2	Ефективність приладів обліку	52	7.3	Енергія - ефективний інструмент управління процесом	88
4.3	Ефективність регуляторів температури	53	7.4	Як розвиваються харчові технології	89
4.4	Особливості теплопостачання підприємств з котельнями, які працюють на твердому паливі	55	7.5	Політика підвищення ефективності АПК	89
4.5	Вибір будівель для модернізації системи теплового забезпечення	56	7.6	Завдання підвищення ефективності використання енергії в харчових технологіях	90
4.6	Організація впровадження енергоефективних проектів	57	7.7	Потенціал зниження витрати енергії в АПК	91
4.7	Фактори, що визначають обсяг споживання енергії	58	7.8	Прогнозування розвитку енергетики АПК	92
4.8	Розрахунок терміну окупності проектів	58	7.9	Динаміка виробництва в харчовій промисловості	93
4.9	Шляхи зниження витрат на теплопостачання будівлі	61	7.10	Питома енергоемність харчових технологій	95
4.10	Характеристики будівельних конструкцій споруд	62	7.11	Завдання в реалізації Комплексної Державної Програми Енергозбереження (КДПЕ)	92
4.11	Ефективність систем енергозабезпечення будівель	62	7.12	Економічно доцільний і технічно досяжний рівень енергозбереження в АПК	99
4.12	Удосконалення конструкцій огорож	63	7.13	Питомі витрати паливно - енергетичних ресурсів	101
4.13	Поліпшення характеристик мереж	63	8.	Характеристика енерготехнологій АПК	103
4.14	Ефективності теплової модернізації	64	8.1	Характеристика енергоносіїв	103
5.	Енергетична політика в АПК	66	8.2	Характеристика термічного обладнання	104
5.1	Специфіка енергетики АПК	66	8.3	Стан обліку енергетичних витрат	105
5.2	Прогнозування розвитку енергетичних проблем в АПК	67	8.4	Специфіка теплових викидів сушильного і пічного обладнання	105
6.	Принципи енергетичного аудиту	72	8.5	Питання забезпечення виробництва паром	106
6.1	Потенціал енергоефективності	72	8.6	Теплові системи нетрадиційної енергетики	107
6.2	Завдання теплоенергетичного аудиту	73	8.7	Особливості опалювальних геліосистем	110
6.3	Методи енергетичного аудиту	74	8.8	Комбіноване виробництво тепла та холоду тепловими насосами	110
6.4	Формування бази вихідних даних	75	8.9	Екологічні аспекти перетворення енергії	112
6.5	Розрахунок норм споживання теплової енергії	76	9.	Принципи підвищення ефективності використання енергії водяної пари	114
6.6	Економічні аспекти енергоменеджменту	76	9.1	Якість пари і його вплив на енергоефективність	114
6.7	Причини теплових втрат при використанні водяної пари	81	9.2	Повернення і використання конденсату	116
6.8	Прості методи зниження енергоспоживання в будівлях	82	9.3	Використання вторинної теплоти	117
7.	Загальна характеристика енергетики харчових технологій	85			
7.1	Особливості харчових технологій	85			
7.2	Якість і товарний вигляд продукту	86			

9.4 Продування парових котлів	118	11.7 Застосування ізоляції - передовий практичний досвід	152
9.5 Вибір робочого тиску і системи автоматичного регулювання	118	12. Енергоефективні технології в харчовому виробництві. Нові підходи	154
9.6 Підвищення ефективності систем генерації пари	119	12.1 Системи комплексної утилізації теплоти і пилу харчового продукту	155
9.7 Типи котлів	121	12.1.1 Перспективи теплообмінників на теплових трубах в харчових технологіях	155
9.8 Пальники і способи спалювання палива	121	12.1.2 Енергетика сушарок харчових виробництв	157
9.9 Баланс енергії в котлі	122	12.1.3 Система комплексної утилізації теплоти і пилу з аерозольних викидів сушарок	158
9.10 Втрати енергії	123	12.1.4 Параметричний ряд термосифонних теплоутилізаторів	162
9.11 Розрахунок ККД	124	12.2 Підвищення ефективності використання енергії в м'ясопереробній промисловості	164
9.12 Методи рекуперації теплоти	127	12.3 Підвищення ефективності використання енергії в консервної промисловості	166
10. Утилізація теплоти	128	12.3.1 Загальна енергетична характеристика	166
10.1 Класифікація теплообмінників-утилізаторів	128	12.3.2 Концентрування рідин - енергетичні тенденції	167
10.2 Основні рівняння теплового розрахунку	129	12.3.3 Технологія блочного виморожування	169
10.3 Основні рівняння гідравлічного розрахунку	130	12.3.4 Тенденції розвитку кріоконцентраторів	172
10.4 Приклад техніко-економічного розрахунку теплоутилізатора	132	12.3.5 Термомеханічний агрегат з ротаційним термосифоном	174
10.5 Визначення величини теплових викидів	133	12.4 Підвищення ефективності використання енергії при виробництві харчових концентратів	177
10.6 Низькотемпературна утилізація теплоти	134	12.4.1. Загальна характеристика	177
10.7 Устаткування для рекуперації теплоти в системі «газ-газ»	135	12.4.2 Енергетичні проблеми процесу екстрагування	178
10.8 Теплообмінники на основі теплових труб	136	12.4.3 Комплексне вирішення проблем екології та енергоефективності при виробництві розчинної кави	177
10.9 Теплоутилізатори «газ-рідина» і «рідина-рідина»	137	12.5 Підвищення ефективності використання енергії при виробництві вина і коньяків	184
10.10 Теплонасосне обладнання утилізації теплоти	137	12.5.1 Енергетичний моніторинг підприємств первинного виноробства	184
10.11 Економічний аспект утилізації теплоти	140	12.5.2 Енергетичний моніторинг заводів вторинного виноробства	185
11. Теплова ізоляція	142		
11.1 Призначення теплової ізоляції	142		
11.2 Теплопровідність через шар ізоляції	143		
11.3 Конвективний теплообмін	144		
11.4 Теплопередача через плоский шар ізоляції	146		
11.5 Теплопередача через циліндричний шар ізоляції	147		
11.6 Економічна товщина ізоляції	148		

ва	
12.5.3	Енергетичний моніторинг коньячних виробництв 187
12.6	Підвищення ефективності використання енергії на хлібо- пекарських підприємствах 188
12.6.1	Загальна енергетична характеристика галузі 188
13.	Енергоефективні технології сушіння зерна 192
13.1	Проблеми сучасних технологій сушіння зерна 192
13.2	Теплові баланси при сушінні зерна 193
13.3	Метод ієрархічної оцінки ефективності використання енер- гії при сушінні 197
13.4.	Методи аналізу ефективності енерготехнологій за коефіці- єнтами трансформації 198
13.5	Шляхи вдосконалення зерносушильних технологій 200
13.6	Схеми з тепловою утилізацією 202
13.7.	Зерносушарки другого покоління 205
13.8	Блочна зерносушарка 207
13.9	Рекуперативна зерносушарка 212
13.10.	Зерносушарки третього покоління 214
14.	Досвід підвищення енергоефективності в АПК 219
14.1	Зниження витрат електроенергії 219
14.2	Зниження витрат палива 222
14.3	Підвищення ефективності використання енергії в зерно- вій галузі 223
14.4	Енергетичний моніторинг підприємства харчових CONCE- нтратів 226
14.5	Енергетичний моніторинг хлібозаводу 229
14.6	Формування енергетичної програми підприємства 231
	Висновок 233
	Література 236
	Зміст 239