

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА ПИВА

Шовкалюк М.М., Голуб М.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

В даній статті об'єктом дослідження є сучасне підприємство з виробництва пива та безалкогольних напоїв. Головною метою статті є опис результатів енергетичного обстеження та розробка пропозицій щодо розрахунків виробничих норм споживання енергоресурсів, що є однією з складових побудови ефективної системи енергетичного менеджменту. Енерго- та ресурсозбереження є одним із шляхів зниження питомих виробничих витрат.

Ключові слова: підприємство, пиво, виробничі норми, споживання енергії.

Постановка проблеми. Енергоємність продукції в Україні є надзвичайно високою, тому актуальною задачею є підвищення енергетичної ефективності промислових підприємств та удосконалення методів її оцінювання і контролю. В умовах постійного зростання цін на енергоресурси, загострення конкурентної боротьби питання впровадження енергозберігаючих технологій та зниження енергоємності продукції набуває своєї актуальності в усіх галузях національного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві передбачає чітке нормування їх витрат. З метою об'єктивної оцінки ефективного використання енергоресурсів ці нормативи повинні розроблятися окремо для кожного об'єкта, враховуючи індивідуальні особливості [1]. Важлива частина технологічних заходів пов'язана з модернізацією і удосконаленням технологічних процесів, спрямованих на підвищення комплексності використання ПЕР, зменшення втрат, оптимізацію режимів роботи [2]. Витрата енергії при виробництві солоду та пива складає значну частку виробничих витрат, і тому для їх мінімізації потрібно як можна більш раціональне використання енергії та ресурсів (води, теплової енергії, стисненого повітря і т.д.) [3]. Виробництво, зберігання і розлив пива у великих обсягах являють собою надзвичайно енергоємні процеси, це також один із факторів впливу на утворення парникового газу CO₂.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Невід'ємною частиною процесу управління є виконання функції контролю ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Здійснення ж такого контролю обов'язково передбачає необхідність визначення як фактичних показників ефективності енерговикористання на відповідних об'єктах, так і їх «еталонних» або «нормативних» значень. Нормалізація енергоспоживання має важливе значення. По-перше, визначаючи науково обґрунтовані норми питомих витрат енергії, створюють базу для розрахунку потреб в енергії виробничих об'єктів: підприємств, їх підрозділів, окремих агрегатів і технологічних процесів. З іншого боку, норми питомих витрат енергії дозволяють об'єктивно оцінювати ефективність енерговикористання в умовах змінювання обсягів і асортименту продукції, що випускається окремими структурними підрозділами.

Питоме споживання енергії в значній мірі залежить від конструкції енергосистеми і технологічного процесу, проте відмінність підприємств одне від одного може бути пов'язана з різницею в рецептурі продукції, вигляді упаковки, різної початкової температури води, використовуваної на конкретному

заводі для виробництва пива, та різними кліматичними умовами [5].

У табл. 1 наведено приклад показників споживання енергетичних і водних ресурсів для пивоварних заводів на повний цикл виробництва [4, 5].

Таблиця 1
Показники споживання енергетичних і водних ресурсів для повного циклу виробництва

Ресурси	Одиниці вимірювання	Галузевий контрольний показник
Теплова енергія	МДж/гЛ	85-120
Електрична енергія	кВт · год/гЛ	7,5-11,5
Загальна витрата енергії	МДж/гЛ	100-160
Водоспоживання	гЛ/гЛ	4-7

Джерело: розроблено авторами

Укрупнені показники теплоспоживання не можуть свідчити про ефективність діяльності підприємства. Тому слід розробляти власні норми теплоспоживання для конкретного виробничого процесу для можливості впровадження моніторингу та планування. Власні норми питомих споживання потрібно встановлювати не для підприємства в цілому, а по цехам та підрозділам

Мета статті. Метою даної роботи є визначення питомих показників теплоспоживання на виробничі потреби за видами продукції для моніторингу і контролю.

Опис об'єкта дослідження. Об'єктом дослідження є сучасне пивоварне підприємство що здійснює свою діяльність в Україні. Потужність виробництва складає 470 млн. літрів пива на рік. Кількість працівників заводу – більше 400 осіб. Одна із особливостей полягає в тому, що для виробництва пива всіх найменувань характерна однорідна структура технологічних процесів, підготовка сировини, варка суслу, головне бродіння, доброджування, фільтрація та розлив готового пива. Однорідність структури технологічного процесу виключає необхідність виділення самостійних цехів для виробництва пива і напоїв різних найменувань. Особливістю пивоварного виробництва є також достатньо довга тривалість виробничого циклу в зв'язку з наявністю природних біологічних процесів. Ця особливість потребує великої кількості бродильних і лагерних емкостей, збільшення розмірів виробничих ділянок та інше. На пивзаводі основним процесом виробництва є виробництво пива за єдиною технологічною схемою. Організація основного процесу виробництва на підприємстві здійснюється поточним методом, тобто тут сировина і матеріали безпосередньо у встановленому ритмі і технологічній послідовності, одночасно на всіх операціях перероблюються в готовий продукт.

До ведучих відносяться цехи, відділення та установки основного виробництва де виконуються основні технологічні процеси і мають найважливіше значення випуску готової продукції. Організацію управління виробництвом опишемо за допомогою виробничої структури (рис. 1).

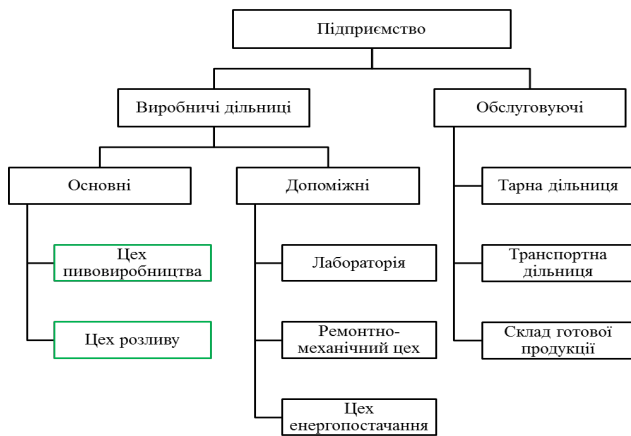


Рис. 1. Виробнича структура підприємства

Джерело: розроблено авторами

Цех пивовиробництва, зважаючи на масштаб, характер і тип виробництва, підрозділяється на основні відділення, що зображені на рис. 2.



Рис. 2. Структура цеха пивовиробництва

Джерело: розроблено авторами

Варильне відділення включає в себе кілька емностей і допоміжне обладнання і є найскладнішим відділенням на пивзаводі. Варниця, або варильне відділення – «серце» пивзаводу, від неї залежить продуктивність пивзаводу, економічність споживання. Саме тут варять пивне сусло, водний розчин дрібно роздробленого солоду, призначений до зброджування. Варка однієї партії пива займає близько 8-10 годин. Але так як обладнання працює циклічно, одночасно може відбуватися до п'яти варок: одна освітлюється, друга кипить, третя фільтрується, четверта затирається, п'ята дробиться. Цех розливу – конвеєр, на якому послідовно здійснюються розлив, контроль і упаковка напою в роздрібну тару.

Аналіз споживання енергетичних ресурсів підприємством. Для оцінювання фактичних обсягів споживання енергетичних ресурсів в рамках дослідження виконано збір інформації по споживанню води, теплової енергії та CO₂ різними установками та споживачами та структуровано за підрозділами за два роки. Для пивоваріння характерні високі обсяги споживання високоякісної води. Пиво більш ніж на 90% складається з води. Пивоварні заводи використовують воду не тільки для приготування пива, але і для нагрівання, охолодження, мийки виробничого обладнання та посуду для розливу, прибирання виробничих ділянок, миття транспортних засобів, а також у санітарно-побутових цілях. Крім того, втрати води мають місце в процесі кип'ятіння сусла і при утилізації пивної дробини [7]. Баланс споживання води підприємством представлений на рис. 3, баланс споживання теплової енергії – на рис. 4.

Пивоварна галузь унікальна в тому відношенні, що вуглекислий газ є не тільки одним з виробничих

відходів її діяльності, а й необхідним інгредієнтом при виробництві та розливі пива (рис. 5).

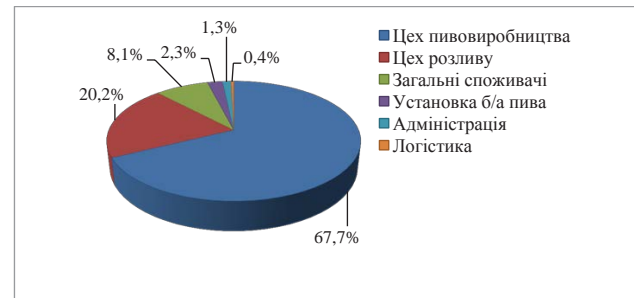


Рис. 3. Баланс споживання води підприємством

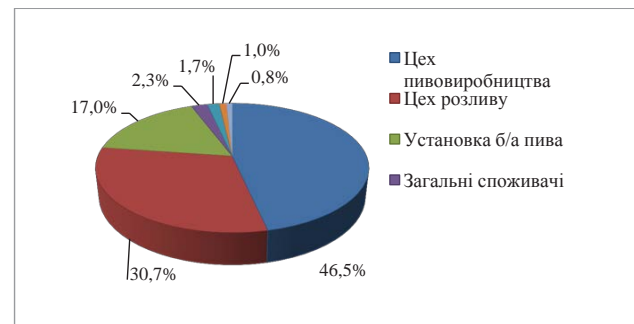


Рис. 4. Баланс споживання теплової енергії підприємством

Джерело: розроблено авторами



Рис. 5. Баланс споживання CO₂ підрозділами підприємства

Джерело: розроблено авторами

Таким чином, основним споживачем води та теплової енергії є цех пивовиробництва, а CO₂ – цех розливу. Проаналізувавши споживання енергетичних ресурсів підприємством, дійшли до висновку, що доцільним буде розробка норм теплоспоживання для варильного відділення цеху пивовиробництва.

Аналіз показників виробничого процесу. Дослідження проводилося для всіх стадій технологічного процесу виробництва сусла, починаючи від відварочного котла та закінчуючи теплообмінником для охолодження сусла. Основні параметри виробничого процесу, які визначалися та аналізувалися:

- параметри відварки: об'єм та температура води, маса зернопродуктів, початкова та кінцева температура відварки;
- параметри затору: об'єм та температура води, маса зернопродуктів, температура затору;
- параметри суміші відварки та затору: маса суміші, початкова та кінцева температура суміші;
- параметри заторного фільтру: температуру сусла на вході, об'єм першого сусла, об'єм слабого сусла, температура та маса промивної води, об'єм сусла, що надходить до буферної ємності;

- параметри теплообмінника: початкова та кінцева температури суслу;
- параметри суслварильного котла: температура та об'єм суслу на вході, тиск та температура пари, кінцева температура суслу, споживання пари;
- параметри гідроциклонного апарату: об'єм суслу на виході, об'єм білкових речовин;
- параметри теплообміннику для охолодження: початкова та кінцева температури суслу, температура гарячої та холодної води, об'єм холодної води для охолодження, об'єм охолоджуваного суслу.

Вихідні дані отримувалися з приладів технічного обліку, технологічних листів варок, а також з програмного забезпечення «Meura Montelektro», яке відображає у реальному часі хід процесу. Всього було проведено по 20 вимірів для кожного виду продукції заводу. Задавання параметрів технологічного процесу здійснюють оператори варильного відділення за технологією. Однак в ході технологічного процесу параметри можуть змінюватися під впливом багатьох факторів. Проаналізуємо інтервали значень основних параметрів технологічного процесу (див. табл. 2 на прикладі одного з видів суслу).

Таблиця 2

Інтервали значень основних параметрів (на 1 порцію за технологічний цикл)

Параметр	min	max	max-min	Δ , %, відносно середнього значення
Кількість зернопродуктів для відварки, кг	3735	3983	248	6,4
Маса води на відварку, кг	12060	12840	780	6,4
Початкова температура відварки, °C	59,4	61	1,6	2,7
Кількість зернопродуктів для затору, кг	7615	7985	370	4,7
Маса води на затор, кг	17560	18060	500	2,8
Температура затору, °C	47,7	53,2	5,5	10,9
Температура суміші відварки та затору, °C	57,6	62,4	4,8	8
Витрата пари на суслварочний котел, кг	3070	3960	620	17,7

Джерело: розроблено авторами

Дані в таблиці 2 свідчать, що параметри процесу не є постійними величинами, вони коливаються, що в результаті впливає на енергоспоживання. Вплив мінімальних та максимальних значень витрати пари на суслварочний котел та температури суміші відварки і затору на питомих теплоспоживання на прикладі різних видів суслу наведено на рис. 6 та 7 відповідно.

Далі проаналізуємо вплив температур робочого тіла технологічного процесу на енергоспоживання. Вплив початкової температури відварки на споживання теплової енергії зображений на рис. 8.

Початкова температура відварки повинна бути 64°C. Під час вимірів фактичних значень виявлено, що в ході технологічного процесу вона може бути в межах 59...64°C. Потім температура відварки підіймається до 85°C за рахунок підігріву парою. Як бачимо з рис. 8, чим більша початкова температура, тим менше теплової енергії потрібно витратити на підігрів, зокрема на підняття температури на 1°C у відварочному котлі витрачається 210 МДж теплової енергії. Для інших видів суслу цей показник зна-

ходиться в межах 198-213 МДж. Це є впливовим фактором на споживання пари в ході технологічного процесу.

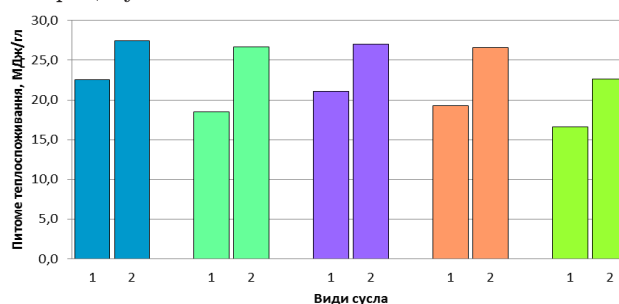


Рис. 6. Вплив мінімальних та максимальних значень витрати пари на суслварочний котел на питомих теплоспоживання

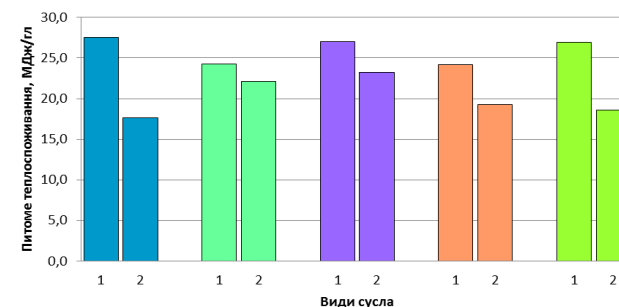


Рис. 7. Вплив мінімальних та максимальних значень температури суміші відварки та затору на теплоспоживання

Джерело: розроблено авторами

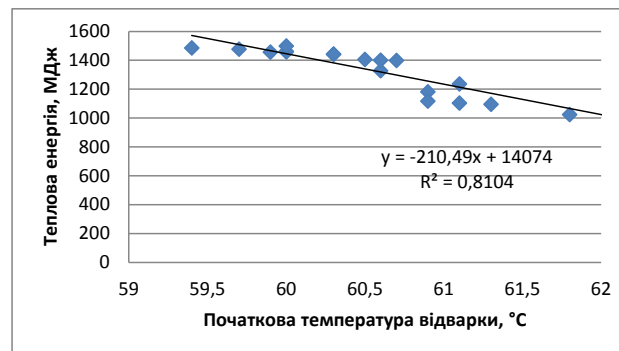


Рис. 8. Залежність споживання теплоенергії від температури відварки

Джерело: розроблено авторами

Маса суміші відварки та затору підігривається у три етапи для витримання температурних пауз у 63°C, 72°C та 78°C. Вплив початкової температури суміші відварки та затору на споживання теплової енергії зображений на рис. 9. Чим більша початкова температура суміші, тим менше теплової енергії потрібно витратити на підігрів до 78°C. Зокрема на підняття температури на 1°C у відварочному котлі витрачається 140 МДж теплової енергії. Для інших видів суслу цей показник знаходиться в межах 131-152 МДж.

На рис. 10 зображено вплив маси відварки на споживання теплоенергії. Збільшення маси відварки на 1000 кг призведе до збільшення споживання теплової енергії на 156 МДж. Аналогічний аналіз виконано для інших видів суслу. Межі коливань, спричинені впливом такого фактору, як маса відварки, становлять від 146 до 167 МДж.

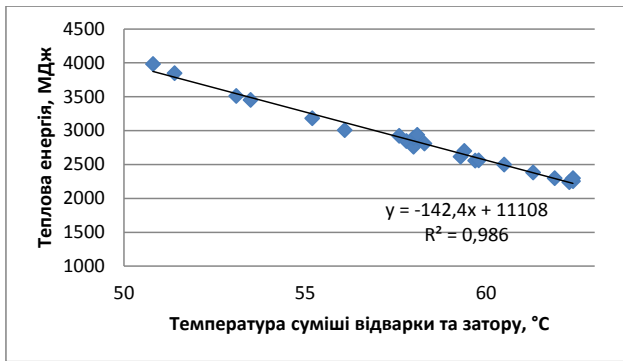


Рис. 9. Залежність споживання теплоенергії від температури суміші відварки та затору

Джерело: розроблено авторами

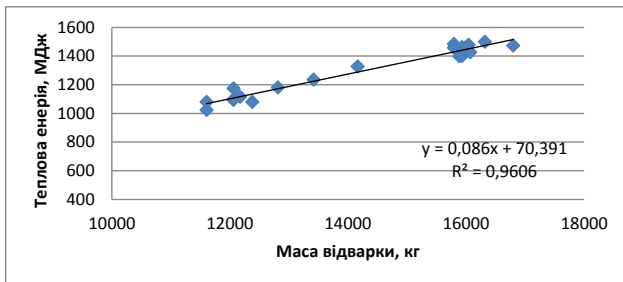


Рис. 10. Залежність споживання теплоенергії від маси відварки

Джерело: розроблено авторами

Визначення питомих показників. Виконаний збір статистичної інформації щодо основних параметрів технологічного процесу та їх аналіз дозволив визначити питоми показники. Для визначення питомих виробничих показників теплоспоживання для кожного виду сусла дослідження проводилися для різних видів сусла, виконано щонайменше по 20 експериментів для кожного з них. В результаті було визначено питома усереднене споживання теплоенергії для 21 виду алкогольних напоїв та 2 безалкогольних на один технологічний цикл виробництва (табл. 3).

В результаті обробки статистичної інформації отримані норми споживання теплової енергії по кожному з видів продукції, що дозволяють проводити моніторинг та контроль споживання енергоресурсів.

Таблиця 3

Питоми виробничі показники теплоспоживання для кожного виду сусла

Вид сусла	Питома фактичне теплоспоживання, min...max	Питома усереднене теплоспоживання, q, МДж/гЛ
1	18,6...23,9	21,6
2	21,5...26,6	24,1
3	20,7...33	26,5
4	25,3...30,4	28,6
5	19,2...31,8	24,5
6	20,9...25,6	22
7	18,5...26,7	23
8	24,3...27,3	25,7
9	19,4...25,9	22,9
10	19,3...27,6	24,1
11	18,7...22,4	20
12	16,6...27,5	20,7
13	20,4...25,6	22,6
14	20,6...27,2	23,7
15	19,2...27	22,9
16	17,5...25	21
Квас	10,9...17,2	14,7
Сидр	1,6...4,7	3
Квас Домашній	10,5...15,9	13,2
17	20,2...27,4	23,8
18	17,6...23,5	20,3
19	28,6...32,7	30
20	19...29,1	23,9

Висновки. Енергетичне обстеження та аналіз даних дозволив визначити найвпливовіші фактори на теплоспоживання та розробити питоми виробничі норми споживання теплової енергії для усіх видів продукції підприємства.

Список літератури:

1. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / Праховник А. В., Находов В. Ф., Борисенко О. В. // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит, 2009. – № 8(66). – С. 46.
2. Остапчук М. В., Сердюк Л. В., Овсянникова Л. К. Система технологій. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 368 с.
3. Рябин В. В. Энергоресурсосбережение на пивоваренном заводе – М., 2008.
4. Кунце В., Мит Г., Технология солода и пива – М.: Профессия, 2001, 912 с.
5. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда. Пивоваренное производство. – М., 2006.

Шовкалюк М.М., Голуб М.А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПИВА

Аннотация

В данной статье объектом исследования является современное предприятие по производству пива и безалкогольных напитков. Главной целью статьи является описание результатов энергетического обследования и разработка предложенный относительно производственных норм потребления энергоресурсов, что является одной из составляющих построения эффективной системы энергетического менеджмента. Энерго- и ресурсосбережение является одним из путей снижения удельных производственных затрат.

Ключевые слова: предприятие, пиво, производственные нормы, потребление энергии.

Shovkaliuk M.M., Golub M.A.
National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF ENTERPRISES IN BEER PRODUCTION

Summary

In this paper, the object of study is a modern enterprise for the production of beer and soft drinks. The main purpose of the article is to describe the results of energy audits and the development of proposals for the production of energy consumption norms, that is one of the building blocks of an effective energy management system. Energy and resource efficiency is one of the ways to reduce unit production costs

Keywords: company, beer, production standards, energy consumption.