

# Енергоекономічні фактори підвищення енергоефективності цукрової промисловості

*С.М. Василенко, доктор технічних наук, професор, Національний університет харчових технологій, НТУУ «КПІ»*

*Т.П. Василенко, Національний університет харчових технологій*

*К.О. Штангєєв, кандидат технічних наук, доцент, ІПДО Національного університету харчових технологій*

*Ж.К. Сіднева, кандидат економічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій*

*Лише комплексне врахування структурних та енерготехнологічних факторів призведе до підвищення енергоефективності цукрової галузі до світового рівня. Комплексний багатофакторний енергоекономічний підхід, в основу якого покладені методи оптимізації на основі системного аналізу, дозволить розв'язувати задачі підвищення енергоефективності окремих цукрових заводів.*

В умовах невиправдано великої, як на сьогодні, енергоємності цукрової промисловості, підвищення цін на енергоносії, збільшення їх частки в структурі собівартості цукру ефективно використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) є суттєвим внутрішнім резервом, який дозволяє підвищити конкурентоздатність вітчизняного цукрового виробництва. Суттєвою складовою політики енергозбереження повинно стати проведення цілеспрямованої структурної перебудови виробництва на базі науково обґрунтованих підходів та інвестиційних проектів в контексті структурної перебудови економіки України з врахуванням всього комплексу соціально-економічних та науково-технічних проблем. Лише збалансована державна політика може уберегти галузь від перманентних криз на кшталт цінових, що її регулярно струшують. Комплекс заходів з підвищення енергоефективності окремих підприємств та галузі в цілому повинен складатися в чітку ієрархічну структуру заходів, що визначаються відповідними **факторами впливу (факторами енергозбереження)**.

Необхідно враховувати, що на динаміку споживання енергоресурсів одночасно вплива-

ють **як енерготехнологічні, так і структурні фактори. До енерготехнологічних факторів**, в першу чергу, слід віднести фактори, які в рамках одного й того ж фізико-хімічного принципу перетворення сировини в готову продукцію зменшують витрату енергетичних ресурсів на отримання однакового кінцевого результату. Тобто вони визначають можливі напрями підвищення енергоефективності виробництва на існуючому рівні розвитку виробничих техніки та технологій.

Оскільки виробництво та споживання енергії в межах кожного цукрового заводу є одним з ключових чинників розвитку цукрової промисловості як складової промислового комплексу держави та її економіки в цілому, то вплив **структурних факторів** на ефективність виробництва в цілому, включно з його енергоефективністю, починається з макроекономічних підходів та підходів, напряму не пов'язаних з виробництвом та споживанням енергії окремими підприємствами в рамках кардинальної перебудови фінансово-економічних та соціальних відносин в межах галузі на державному рівні та включає на рівні конкретного виробництва, в тому числі, такі факто-

ри, як якість вихідної сировини та готової продукції, використання нових технологій тощо. **Структурні фактори умовно можна поділити на соціально-економічні, організаційно-правові, техніко-технологічні.**

**Соціально-економічні фактори**, в першу чергу, визначають стан системи стимулювання розвитку виробництва, включаючи підвищення енергоефективності в його рамках. Для оптимізації енергозбереження в цукровій галузі в рамках її загального розвитку, в першу чергу, необхідним є впровадження адекватних фінансових, податкових та соціальних заходів. Низький рівень інфляції, збалансовані бюджети, якісна загальнодоступна освіта є ключовою умовою для забезпечення позитивного інвестиційного та інноваційного клімату в цукровій промисловості. Там, де національні ринки занадто малі, що має місце на ринку цукру України, необхідна державна політика забезпечення широких привабливих перспектив для внутрішніх та прямих зовнішніх інвестицій та розширення торгівлі.

При цьому уряд повинен ухилитися від прямого управління ринками цукру і енергоносіїв та обмежити свою роль встановленням стабільних твердих пра-

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ&ІННОВАЦІЇ

вил, що впроваджуються відповідними регуляторами. Ключові слова: лібералізація, торгівля та, в більш загальному розумінні, вибір постачальника та замовника. Необхідним є відповідний збалансований комплекс правил, що впроваджується незалежно від короткотермінових політичних втручань.

**Стан стимулювання інвестицій є одним з найважливіших структурних факторів.** Необхідно створити відповідний податковий та фінансово-економічний клімат в країні, який би заохочував інвестувати в масштабні проекти, до числа яких належать проекти з підвищення енергоефективності. Минулий досвід з девальвацією національної валюти, постійними змінами в податковій політиці, крім іншого, створюють політичні ризики, що збільшують вартість капіталу. Ці ризики роблять іноземні та вітчизняні інвестиції більш дорогими. При тому, що ринкові реформи будуть грати позитивну роль в створенні сприятливого клімату для інвестування, існуючі фінансові схеми для розв'язання проблеми некомерційних ризиків занадто слабкі для покриття масштабів ризиків, пов'язаних з інвестиціями в високовартісні проекти з підвищення енергоефективності.

**Важливим фактором є проблема цін на енергоносії.** Ціни у кінцевого споживача є, в принципі, ключовою рушійною силою енергоспоживання та, відповідно, енергоефективності. Разом з об'єктивними цінами для споживачів енергоносіїв важливим є впровадження працюючої адекватної системи обліку та розрахунків за них.

Енерготехнологічні комплекси цукрових заводів характеризуються високою вартістю та насиченням складним обладнанням, великою інерцією, тому їх адаптація до нових реалій ціноутворення на ринку енергоносіїв також відбувається повільно та високою ціною.

Відповідними стратегіями є диверсифікація джерел енергії як на державному, так і на галузевому рівні, та інтенсифікація торгівлі енергоносіями, впровадження альтернативних джерел енергії.

До **організаційно-правових факторів** слід віднести розвиток системи менеджменту енергоефективності починаючи від державного рівня аж до підприємства, включаючи необхідний комплекс законодавчих та адміністративних заходів. Саме впровадження цієї групи факторів забезпечить створення відповідно нормативно-правової бази для реалізації комплексу енергозбережних заходів відповідно до структурних факторів.

Хоча інтенсивність споживання енергії підприємствами напряму пов'язана з ціновими відгуками, в той же час, енергетична ефективність в більшій мірі залежить від впровадження найбільш ефективних технологій. Тому надзвичайно важливим є питання введення мінімальних юридичних стандартів енергоефективності для технологічного і енергетичного обладнання та технологій.

**Техніко-технологічні фактори** визначають загальний сучасний техніко-технологічний стан виробництва, якісні та кількісні характеристики сировинної бази, нормативно-правові вимоги до експлуатаційних характеристик виробництва, включаючи вимоги до якості цукру та вимоги до впливу виробництва на навколишнє середовище.

Відповідно, важливим **техніко-технологічним фактором** є питання розроблення вітчизняного енергоефективного обладнання для цукрової промисловості. Пора покінчити з порочною практикою масового впровадження застарілого обладнання закордонного виробництва, яке було в ужитку (так званого «беушного обладнання»), що заганає галузь в глухий кут безвиході та ще

більше поглиблює прірву її відставання від сучасного світового рівня розвитку техніки та технологій. Очевидно, окремі гравці вітчизняного цукрового виробництва не в змозі фінансувати відповідні масштабні проекти. Тому роботи з дослідження, розробки та впровадження, направлені на забезпечення загальнонаціональних інтересів зі зменшення енергоспоживання, потребують адекватного фінансування з боку держави. Однак, державне фінансування повинне обмежуватись базовими дослідженнями, не пов'язаними з комерційними інтересами та партнерством. На національному рівні контроль за розміщенням коштів на науково-технічні розробки та їх використання повинен здійснюватись неурядовими структурами, що включають вчених, представників промисловості та громадськості.

Конкуренція є найважливішим стимулом для створення та розвитку нових техніки та технологій. Тому необхідно створити умови, що сприяють конкуренції при розробці та впровадженні енергозбережних техніки та технологій, та пропонувати інші стимули через фінансові механізми. Адекватні стимули, податки та інші економічні інструменти повинні відображати негативні зовнішні фактори, наприклад, забруднення, чи позитивні зовнішні фактори, наприклад, дослідження, розробку та впровадження нових техніки та технологій.

Впровадження високоефективного обладнання та технологій потребує комплектування підприємств-розробників новітніх техніки та технологій, а також підприємств цукрової галузі кадрами вищої кваліфікації, що вимагає реформування системи їх підготовки на державному рівні, а також системи фінансування цієї підготовки.

**На сьогодні в числі найважливіших факторів, що впливають на розвиток енер-**

гозбереження, є захист навколишнього середовища, в першу чергу, зменшення викидів діоксиду вуглецю. Але ініціативи зі зменшення цих викидів, якими б бажаними вони не були, будуть виконуватись лише у випадку введення відповідних стимулів на державному рівні.

Тобто, в загальному сенсі слід відзначити, **що вплив соціально-економічних, техніко-технологічних факторів та організаційно-правових факторів є взаємозалежним**, тому такий їх поділ є достатньо умовним і визначається, в першу чергу, вибудованою системою пріоритетів державної і галузевої політики та виробничої політики на рівні цукровиробляючих компаній.

При **аналізі впливу енерготехнологічних факторів на енергоефективність цукрового виробництва** слід відзначити, що сучасний цукровий завод являє собою єдиний енерготехнологічний комплекс (ЕТК), до складу якого входять взаємопов'язані системи виробництва і споживання теплової та електричної енергії. Система виробництва являє собою когенераційну установку зі спільного виробництва теплової та електричної енергії (ТЕЦ), а система енергоспоживання безпосередньо підприємства являє собою складну ієрархічну структуру, що включає елементи технологічного, теплообмінного, механічного обладнання, пов'язані між собою складною схемою різно-рідних зв'язків, в яких одночасно протікають, тісно взаємодіючи, складні фізико-хімічні процеси. Саме ця складність внутрішніх взаємозв'язків елементів, процесів, їх параметрів та характеристик визначає необхідність комплексного аналізу реального функціонування ЕТК та оцінки його ефективності. Відповідно, постає принципова необхідність системного підходу до розв'язання техніко-

економічної задачі оптимізації структури, параметрів та режимів роботи ЕТК цукрового заводу з метою підвищення ефективності використання ПЕР.

При цьому **основними факторами**, що впливають на енергоефективність виробництва, виступають технологічна та енергетична досконалість структури ЕТК, обладнання та його елементів, якими устаткована ЕТК, їх фізичний стан, а також відповідність проектних та фактичних експлуатаційних характеристик системі діючих норм, вимог, стандартів.

Тобто, енерготехнологічна задача підвищення енергоефективності цукрового виробництва (в подальшому з метою скорочення визначень використовуватимемо для визначення цього поняття слово «енергозбереження») є складною ієрархічною науково-технічною задачею.

Враховуючи складний синтетичний характер цукрового виробництва, слід відзначити, що задача енергозбереження в його рамках використовує практично всі розвинені наукові напрямки енергозбереження, в тому числі: розроблення системи показників, характеристик, норм; розроблення адекватних синтетичних та аналітичних енергетичних і економічних балансів; оцінку енергетичної та економічної ефективності; аналіз втрат при генерації теплової та електричної енергії та їх передачі; забезпечення заданих технічних рівнів технологічних процесів тощо.

На сьогодні реалізуються два основних енерготехнологічних підходи до розв'язання задачі підвищення ефективності використання ПЕР: метод удосконалення існуючого ЕТК та інноваційний метод.

Перший метод не вимагає значних витрат техніко-економічних ресурсів, однак виключає можливість оптимізаційного підходу до розв'язання задачі підвищення енергоефек-

тивності та не може забезпечити системного поглибленого зниження витрати ПЕР.

В той же час, інноваційний метод, що базується на впровадженні новітніх техніки та технологій, дозволяє провести структурну енерготехнологічну реконструкцію існуючих підприємств із застосуванням оптимізаційних підходів, в тому числі із збільшенням їх продуктивності.

Оптимальне інноваційне проектування енерготехнологічної системи означає модифікацію її структури та параметрів з метою мінімізації сумарної вартості продукції, що виробляється системою, включаючи вартість витрачених паливно-енергетичних ресурсів, при граничних умовах, пов'язаних з доступністю фінансових ресурсів, матеріалів, захистом навколишнього середовища, включаючи вимоги безпечності, надійності, зручності використання, ремонтоздатності тощо.

Це означає, що під час оптимізації ЕТК цукрових заводів необхідно застосовувати основні принципи, які б враховували необхідність отримання інтегрованого проектного рішення, що було б не лише енергетично оптимальним, але й економічно та технічно прийнятним. Оскільки процедура проектування вимагає застосування методів системного аналізу, комплекс заходів з оптимізації енерговикористання, в першу чергу, слід вибудувати у відповідну ієрархію інноваційних заходів, пов'язаних з вибором оптимальної структури та окремих елементів системи. Тобто, для побудови оптимальної структури ЕТК необхідним є її математичне представлення та моделювання.

Оптимізація вимагає комплексного аналізу наступних інноваційних задач, таких як задачі синтезу та оцінювання альтернативних структур енерготехнологічних схем та задачі вибору апаратів та параметрів

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ&ІННОВАЦІЇ

схеми в рамках кожної синтезованої структури. При цьому попередньо слід враховувати досвід, який засвідчує, що економічний ефект від оптимізації структури ЕТК на порядок вищий від ефекту оптимальної організації окремих елементів структури чи оптимального управління процесом.

Таким чином, при оптимізаційному виборі інноваційних технологій та елементів обладнання чи способів модернізації існуючих перш за все слід виконувати вимоги синтезу оптимальної структури ЕТК та результатів його математичного моделювання. В свою чергу, при синтезі оптимальної структури ЕТК слід враховувати технічні можливості обладнання та експлуатаційні вимоги, в т.ч. вимоги контролю та управління, компоновку та комунікації підприємства, вимоги безпеки, контроль забруднення навколишнього середовища тощо.

Звідси можна зробити висновок, що інноваційний синтез оптимальної структури ЕТК обумовлюється низкою труднощів, зокрема: різноманітністю критеріїв оптимізації, побудованих на системних принципах; невизначеністю інформації про критерії оптимальності на початкових етапах проектування; необхідністю враховувати порівняльну важливість критеріїв.

Тому **важливим фактором втілення в життя енергозберігаючих заходів є комплексна оцінка енергоефективності виробництва кінцевої продукції**. На сьогодні основним методом такої оцінки є енергоекономічний аналіз – прикладний науковий напрям, що знаходиться на стику економіки, енергетики та відповідної технології. Згідно цього методу загальновизнаним синтетичним показником ефективності використання ПЕР є енергоемність виробництва. Фактична енергоемність чи енерговитрати можуть бути використані

для якісної та кількісної оцінки ефективності виробництва, технологічних процесів, устаткування. Як правило, енергоемність виробництва визначається кількісним показником, що носить назву «питомих витрат ПЕР» – кількістю ПЕР, що споживаються енерготехнологічним комплексом на одиницю виробленої продукції. Результуючий документ, який в рамках енергоекономічного аналізу визначає доцільність впровадження певних енергозберігаючих заходів, носить назву «техніко-економічного обґрунтування».

Слід особливо відзначити, що коли мова йде про аналіз ефективності, в тому числі в рамках енергоекономічного аналізу, то це обов'язково повинен бути порівняльний аналіз. В основу ж процедури порівняльного аналізу покладено поняття критерія порівняння, в даному випадку критерія ефективності.

В цьому сенсі **важливим фактором енергозбереження є нормування витрат палива, теплової та електричної енергії**. При оцінці резервів енергозбереження на цукрових заводах необхідно співставляти проектні, нормативні та фактичні питомі витрати ПЕР.

Однак, на сьогодні використання цього фактора викликає багато запитань внаслідок невизначеності самого поняття «норми використання ПЕР». Адже, оскільки, як відзначалося, енергозбереження є складною оптимізаційною задачею, то і розроблення критерія ефективності, в тому числі норм витрат ПЕР повинне бути оптимізаційною процедурою з відповідно сформульованими задачами та граничними умовами, враховуючи, що комплекс додаткових вимог та обмежень, в т.ч. вимоги керованості, надійності енергопостачання та екологічні обмеження, в кінцевому рахунку теж являє собою окрему енергоекономічну проблему.

На сьогодні як механізм для

визначення енергоефективності енергетичних систем в світі бурхливого розвитку набула так звана «термоекономіка», що являє собою комбінацію термодинамічного та вартісного аналізів та яка може надати широкую інформацію про енергоекономічну досконалість системи, яку виключно традиційними методами отримати неможливо. Основним напрямом розвитку термоекономіки є так звана «ексергоекономіка», однак останнім часом швидко розвивається такий її напрям як «ентропоекономіка». В НУХТі зусиллями авторів досліджується використання ентропоекономіки для аналізу енерготехнологічних систем, в тому числі й цукрового виробництва. В її основі лежить принцип термодинамічної оптимізації, що базується на понятті термодинамічної неефективності.

Одним з основних важелів економічної інноваційності є опора на вітчизняний науково-технічний інтелект, який порівняно з закордонним має ряд принципових переваг, до числа яких, в першу чергу, слід віднести меншу вартість, а також знання вітчизняної промисловості та її специфіки. Слід відзначити, що визначальний вклад в інноваційний розвиток цукрової промисловості України від часу її зародження до сьогодні внесли саме науковці та випускники Національного університету харчових технологій.

**Висновок.** Лише комплексне врахування структурних та енерготехнологічних факторів призведе до підвищення енергоефективності цукрової галузі до світового рівня. Комплексний багатофакторний енергоекономічний підхід, в основу якого покладені методи оптимізації на основі системного аналізу, дозволить розв'язувати задачу підвищення енергоефективності окремих цукрових заводів.