

# Загальновиробничі енергетичні баланси – основа аналізу ефективності теплоспоживання цукрового підприємства

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

*С.М. Самійленко, Національний університет харчових технологій*

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

*В.М. Кухар, генеральний директор, ТОВ «Фірма ТМА»*

*П.І. Лисюк, ТОВ «Фірма ТМА»*

*Розроблена методика аналізу ефективності тепловикористання цукрового заводу, в основу якої покладено систему загальновиробничих матеріальних та теплових балансів.*

*Разработана методика анализа эффективности теплоиспользования сахарного завода, в основу которой положена система общепроизводственных материальных и тепловых балансов.*

*The methods of analysis of efficiency heat consumption of sugar factory are developed, which are based on a system of total production material and heat balances.*

Складна структура теплотехнологічного комплексу цукробурякового виробництва (ТТК) викликає необхідність використання для його розрахунку та аналізу відповідних математичних засобів. Математична модель ТТК базується на системі лінійних алгебраїчних рівнянь, для розрахунку якої використовуються відповідні математичні методи, як правило, найпростіші, розроблені за часів існування єдиного інженерного розрахункового інструменту – логарифмічної лінійки. Найчастіше це метод послідовного розв'язання з використанням послідовних наближень.

З фізичної точки зору ці алгебраїчні рівняння являють собою рівняння **аналітичних матеріальних та теплових балансів** всіх елементів ТТК та його підсистем і систем, які можуть бути об'єднані в єдину замкнену ієрархічну систему аналітичних матеріальних та енергетичних балансів цукрового заводу.

Ця модель має глибоке фізичне підґрунтя, адже рівняння матеріального балансу є інтегральною формою запису закону збереження кількості речовини, а рівняння теплового балансу є інтегральною формою запису першого закону термодинаміки в його потоковій формі.

Однак, складність формальної процедури реалізації аналітичної моделі ТТК ускладнює задачу аналізу її результатів, які втрачають фізичну сутність, та, як наслідок, залишаються зрозумілими лише для спеціалістів в галузі теплотехнології цукрового виробництва.

В той же час, очевидно, структура ТТК як єдиної системи взаємопов'язаних технологічних, те-

плообмінних та механічних елементів, підсистем та систем вимагає чіткого розуміння системного підходу до аналізу ефективності тепловикористання та визначенню основних шляхів його підвищення не лише від теплотехніків, а й від фахівців в галузях технології, автоматизації, механізації виробництва.

Якщо дотримуватися ДСТУ 4714:2007 «Енергозбереження. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств (Методика побудови та аналізу)», на сьогодні безпосередньо на підприємствах цукрової промисловості як правило використовуються **фактичні синтетичні баланси**, які показують розподіл підведених енергоносіїв. Однак, застосування цих балансів не дає можливості визначити ефективність використання підведених ПЕР, характер та величину енергетичних втрат, основні шляхи підвищення ефективності використання ПЕР.

Для цієї мети використовується, як відзначалося, метод аналітичних балансів, який, в залежності від мети складання балансів, може бути фактичним або розрахунковим. Так, при проведенні енергетичного аудиту застосовується метод **фактичних аналітичних балансів**, який дає можливість оцінити фактичний стан енерговикористання з визначенням корисно використаних ПЕР та виявити причини виникнення та визначити як загальні втрати ПЕР, так і їх складові по окремим елементам ТТК. При розробці заходів з підвищення ефективності використання ПЕР на основі результатів аудиту застосовують метод **розрахункових аналітичних балансів**. При цьому окремі види втрат приймаються згідно попередньо розробле-

них фактичних аналітичних балансів. Слід відзначити, що втрати енергії традиційно визначаються не в енергетичному еквіваленті, а прив'язуються до зниження температур продуктів, що виникло внаслідок цих втрат, або ж задаються у вигляді деяких витрат технологічної пари, що витрачається на компенсацію цих втрат.

При проектному складанні аналітичних балансів величини енерговтрат задають згідно загальноузгоджених методик чи рекомендацій.

Однак, основним недоліком цього методу є відсутність наочності та неможливість розділити заходи, направлені безпосередньо на зниження витрати ПЕР, та так звані компенсуючі заходи, що не мають безпосередньо енергозберігаючого ефекту, а направлені на забезпечення впровадження енергозберігаючих заходів.

В цьому сенсі важливим інструментом аналізу ефективності використання ПЕР може стати **загальновиробничий енергетичний баланс** цукрового заводу. Як буде показано далі, такий баланс наочно дає можливість визначити основні шляхи зниження витрати ПЕР та визначити ефективність їх впровадження.

Можна показати, що, якщо записати замкнену систему аналітичних енергетичних та матеріальних балансів для всіх взаємопов'язаних елементів ТТК, то вона спроститься до єдиного загальновиробничого балансу, складовими якого будуть потоки, не зав'язані всередині системи, а такі, що пов'язують ТТК з оточуючим (навколишнім) середовищем.

Так, при складанні фактичного загальновиробничого енергетичного балансу визначаються всі матеріальні та енергетичні потоки, що надходять в підприємство чи залишають його, та підсумкова величина необоротних втрат енергії підприємства.

При складанні ж **розрахункового загальновиробничого енергетичного балансу** матеріальні потоки та енергетичні втрати визначаються, як і при складанні аналітичних балансів, або ж за результатами фактичного балансу, або ж за загальноузгодженими методиками чи рекомендаціями, після чого розраховуються енергетичні потоки, в результаті балансування яких визначають витрату енергії на виробництво.

Проілюструємо можливість застосування методу енергетичних балансів на прикладі складання та аналізу розрахункового загального балансу цукрового заводу найпростішої конфігурації, якій відповідає значна кількість працюючих в Україні підприємств.

**Вихідні дані:** дигестія буряків – 17%; тип дифузійної установки – похила шнекова; метод сокодобування – чисто дифузійний без застосування жомопресової води; відкачка дифузійного соку –  $S_{\text{дс}} = 1100$  кг/т буряків; чистота дифузійного соку – 90%; вміст сухих речовин в жомі – 7,5%.

**Характеристики теплотехнологічної схеми:** живлення дифузійної установки – барометрич-

ною водою; вторинна пара вакуум-апаратів використовується лише для нагрівання барометричної води в межах вакуум-конденсаційної установки; температура барометричної води після вакуум-конденсаційної установки – 45°C; вакуум-апарати – з безпосередньою циркуляцією,

Зауважимо, що розроблення розрахункового загальновиробничого енергетичного балансу все ж вимагає розробки аналітичного матеріального балансу продуктів. Наразі всі матеріальні потоки визначаються згідно [1] для випадку переробки буряків високої якості.

Витрати **барометричної води та жому** визначаємо з балансового розрахунку похилої шнекової дифузійної установки: витрата жому  $S_{\text{ж}} = 830$  кг/т; витрата барометричної води  $S_{\text{бв}} = 830$  кг/т; температура жому – 70°C.

Витрату **вторинної пари вакуум-апаратів** (так званої «уфельної пари»), що надходить до вакуум-коденсаційної установки визначаємо з матеріального водного балансу продуктового відділення [1]: надходить сиропу  $S_{\text{сир}} = 253$  кг/т з  $CP_{\text{сир}} = 65\%$ ; надходить клеровки  $S_{\text{кл}} = 125$  кг/т з  $CP_{\text{кл}} = 65\%$ ; вода на пробілювання –  $W_{\text{пр}} = 9,43$  кг/т; залишає продуктове відділення меляса  $S_{\text{м}} = 34,32$  кг/т з  $CP_{\text{м}} = 82,5\%$ ; тоді витрати уфельної пари:

$$D_{\text{уп}} = S_{\text{сир}}^{\text{м}} (1 - CP_{\text{сир}}^{\text{м}}) + S_{\text{кл}} (1 - CP_{\text{кл}}) + W_{\text{пр}} - S_{\text{м}} (1 - CP_{\text{м}}) = 134,27 \text{ кг/т} \quad (1)$$

Очевидно, розглядається ідеалізована наближена схема, в якій нехтуємо величинами витрати пари на випарювання сокових та водних підкачок, всі ж інші додаткові витрати пари включені у відносно невелике значення  $D_{\text{пр}}$ .

Значення **втрат енергії в навколишнє середовище** задаємо згідно рекомендацій [1] в натуральному вираженні кількості пари, що надходить в завод для компенсації цих втрат: в продуктовому відділенні  $D_{\text{пр}} = 15$  кг технологічної пари/тонну буряків. Додаткові нормовані витрати пари [1]: на сушіння цукру –  $D_{\text{сц}} = 10$  кг/т; витрати на нагрівання сиропу та клеровки –  $D_{\text{ск}} = 10$  кг/т (ці витрати фактично також є компенсацією втрат в навколишнє середовище). Інші загальні втрати [1] –  $D_{\text{ін}} = 20$  кг/т.

Дещо складніше з **втратами енергії в навколишнє середовище в сокоочисному відділенні:** згідно рекомендацій [1] при переробці буряків високої якості з  $S_{\text{дс}} = 1100$  кг/т сік під час 1 сатурації охолоджується на 4°C, під час 2 сатурації – на 2°C, під час фільтрації та наступних процесів – ще на 4°C. В натуральному вираженні кількості технологічної пари це складатиме додатково близько  $D_{\text{дс}} = 22$  кг/т.

Занесемо статті балансу до відповідних **таблиць 1, 2.**

Складемо рівняння загального водного балансу заводу:

$$\sum D_{\text{вир}} + S_{\text{бв}} + S_{\text{стр}} (1 - CP_{\text{стр}}) = D_{\text{сц}} + W_{\text{конд}} + W_{\text{над}} + W_{\text{сат}} + S_{\text{ж}} (1 - CP_{\text{ж}}) + S_{\text{м}} (1 - CP_{\text{м}}) + S_{\text{фо}} (1 - CP_{\text{фо}}) \quad (2)$$

Прибуткова складова балансу

№ п/п	Продукт	Позначення	Кількість, кг/т	Т-ра, °С	Вміст СР,%	Тепловміст, кДж/т
1	Стружка	$S_{стр}$	1000	10	25	38385
2	Барометрична вода	$S_{бв}$	930	45		175351
3	Компенсація втрат в продуктовому відділенні	$D_{пр}$	15			
4	Компенсація втрат в сокоочисному відділенні	$D_{дс}$	22			
5	Інші загальні втрати	$D_{ін}$	20			
6	Сушіння цукру	$D_{сц}$	10			
7	Грів сиропу та клеровки	$D_{ск}$	10			
8	Пара на технологію	$D_{п}$	$D_{п}$			$D_{п} \cdot 2728$

Таблиця 2

Витратна складова балансу

№ п/п	Продукт	Позначення	Кількість, кг/т	Т-ра, °С	СР,%	Тепловміст, кДж/т
1	Конденсат в ТЕЦ	$W_{конд}$	$\Sigma D_{вир} = D_{п} + D_{пр} + D_{дс} + D_{ін} + D_{сц} + D_{ск}$	105		$\Sigma D_{вир} \cdot 440$
2	Надлишкова вода	$W_{над}$	$W_{над}$	$t_{над}$		$W_{над} \cdot t_{над} \cdot c_{в}$
3	Жом	$S_{ж}$	830	70	7,5	243439
4	Вторинна пара вакуум-апаратів	$D_{уп}$	134,27			352182
5	Меляса	$S_{м}$	34,34	70	82,5	5047
6	Цукор білий	$G_{ц}$	143,64	70	100	10510
7	Фільтраційний осад	$S_{фо}$	100	80	50	24000
8	Втрати води на сатураціях	$W_{сат}$	11			$D_{п} \cdot 2728$
9	Втрати теплоти	$Q_{втр}$				$(D_{пр} + D_{дс} + D_{ін} + D_{сц} + D_{ск}) \cdot (h_{п} - t_{конд} \cdot c_{в})$

Спростуючи розрахунок з метою наочності, приймаємо, що кількість конденсату, який повертається в ТЕЦ дорівнює витраті технологічної пари в завод з ТЕЦ, тобто  $W_{конд} = \Sigma D_{пр}$ .

Тоді підставивши в (2) відповідні значення величин з таблиць 1, 2, отримаємо кількість води, що виводиться з заводу у вигляді аміачних конденсатів,  $W_{над} = 718,8$  кг/т.

Складемо загальне рівняння теплового балансу заводу:

$$(D_{п} + D_{пр} + D_{дс} + D_{ін} + D_{сц} + D_{ск}) \cdot h_{п} + S_{стр} \cdot c_{стр} \cdot t_{стр} + S_{бв} \cdot c_{бв} \cdot t_{бв} = W_{конд} \cdot c_{конд} \cdot t_{конд} + W_{над} \cdot c_{над} \cdot t_{над} + D_{уп} \cdot h_{уп} + S_{ж} \cdot c_{ж} \cdot t_{ж} + S_{м} \cdot c_{м} \cdot t_{м} + S_{фо} \cdot c_{фо} \cdot t_{фо} + G_{ц} \cdot c_{ц} \cdot t_{ц} + Q_{втр} \quad (3)$$

Або ж, з врахуванням припущення  $W_{конд} = \Sigma D_{пр}$

$$(D_{п} + D_{пр} + D_{дс} + D_{ін} + D_{сц} + D_{ск}) \cdot h_{п} + S_{стр} \cdot c_{стр} \cdot t_{стр} + S_{бв} \cdot c_{бв} \cdot t_{бв} = (D_{п} + D_{пр} + D_{дс} + D_{ін} + D_{сц} + D_{ск}) \cdot c_{конд} \cdot t_{конд} + W_{над} \cdot c_{над} \cdot t_{над} + D_{уп} \cdot h_{уп} + S_{ж} \cdot c_{ж} \cdot t_{ж} + S_{м} \cdot c_{м} \cdot t_{м} + S_{фо} \cdot c_{фо} \cdot t_{фо} + G_{ц} \cdot c_{ц} \cdot t_{ц} + Q_{втр} \quad (3a)$$

Тоді, підставивши в (3) відповідні значення величин з таблиць 1, 2, отримаємо кількість пари, що надходить в завод за виключенням пари, що витрачається на компенсацію втрат,

$$D_{п} = (421442 + 718,8 \cdot c_{над} \cdot t_{над}) / 2288, \text{ кг/т, (4)}$$

де  $t_{над}$  – температура аміачних конденсатів після охолодження в теплообміннику, °С.

Якщо задатися значенням цієї температури 70°С, то можна отримати значення  $D_{п} = 276,34$  кг/т, загальна ж витрата пари на технологічні потреби дорівнюватиме  $\Sigma D_{пр} = 353,4$  кг/т.

Витрата теплоти на технологічні потреби при цьому дорівнюватиме

$$Q_{техн} = 808,44 \text{ МДж/т} = 192,95 \text{ Мкал/т} \quad (5)$$

Тоді витрата умовного палива на виробництво технологічної пари в ТЕЦ

$$V_{техн} = Q_{техн} / (Q_{нр} \cdot \eta_{кот}) = 808,44 / (29330 \cdot 0,9) = 30,62 \text{ кг/т} \quad (6)$$

Приймаючи витрату електричної енергії на технологічні потреби рівною 30 кВт·год/т, отримаємо витрату умовного палива на виробництво електроенергії

$$V_{еє} = 30 \cdot 3600 / (Q_{нр} \cdot \eta_{тец}) = 108000 / (29330 \cdot 0,8) = 4,6 \text{ кг/т} \quad (7)$$

Витрата умовного палива на технологічні потреби та виробництво електроенергії

$$V = V_{техн} + V_{еє} = 35,22 \text{ кг/т} \quad (8)$$

Витрата газу складатиме 31,45 м³/т.

Проаналізуємо отримані результати. Очевидно, отримане значення витрати газу на виробництво технологічної пари є близьким до граничного значення (мінімально можливого) для теплотехнологічних схем, в яких теплота вторинних енергоресурсів використовується обмежено, а саме: теплота аміачних конденсатів використовується лише для нагрівання продуктів; теплота утфельної пари використовується лише для нагрівання барометричної води в межах вакуум-конденсаційної установки.

Гранично можливою ця величина є тому, що вихідні умови, прийняті при формулюванні задачі, а саме: переробка буряків високої якості з отриманням пониженої відкачки та високою якістю продуктів, – на сьогодні не можуть бути реалізовані на вітчизняних заводах. До того ж, додаткові припущення, а саме: повернення в ТЕЦ конденсату лише відпрацьованої пари; відсутність підкачок в продуктовому відділенні; мінімізація втрат в навколишнє середовище, – також не можуть бути забезпечені при існуючому технічному рівні вітчизняних цукрових заводів. До того ж, як відомо, значний вплив на витрату ПЕР має нерівномірність роботи підприємства, а в розглянутому прикладі цим впливом знехтувано.

В цьому сенсі отримані результати можуть слугувати **критерієм ефективності** використання теплоти на цукрових заводах з аналогічною теплотехнологічною схемою.

Особливо важливим в запропонованій методиці є можливість наочного аналізу ефективності енерговикористання цукрового заводу та визначення основних напрямів її підвищення. З аналізу балансових рівнянь можна зробити висновок, що теплота в заводі витрачається на наступне:

1. Нагрівання сухих речовин, що надходять в завод від температури навколишнього середовища до температур жому, цукру, меляси, фільтраційного осаду, відповідно. Однак, оскільки ці температури визначаються технологічним процесом, вплив на цю складову балансу може бути лише мінімальним.

2. Нагрівання основної частини води, що надходить в завод з буряками та живильною водою, до температур жому та кінцевої температури аміачних конденсатів, відповідно.

3. Випаровування частини води, що надійшла в завод, в кількості пари, що надходить з вакуум-апаратів до вакуум-конденсаційної установки.

4. Компенсацію втрат теплоти в навколишнє середовище. Як можна зробити висновок з вищеведеного, ці втрати відіграють значну роль в балансі теплоти. Навіть для відносно низьких значень втрат, заданих згідно [1], вони дорівнюють 28% від «прямих» витрат енергії на технологічний процес.

Важливо, що запропонована методика дозволяє чисельно оцінити відносний вплив окремих складових, визначених п.п.1-4.

Відповідно, можна запропонувати комплекс заходів зі зменшення впливу кожного з цих факторів на витрату ПЕР.

Наприклад, в **межах існуючої теплотехнологічної схеми** слід визначити наступні кроки зі зменшення витрати ПЕР:

1.1. **Зменшення кількості води**, що надходить в завод, та, як наслідок, зменшення кількості аміачних конденсатів (кількість води в жомі визначається технологічним процесом). Єдиним дієвим заходом для реалізації цього є зменшення відкачки, що, очевидно, може бути реалізоване лише комплексом технологічних дій, в першу чергу, підвищенням якості сировини.

1.2. **Зменшення кінцевої температури води, що залишає завод**. Оскільки температура води, що міститься в жомі, задається технологічним режимом дифузійної установки та, відповідно, не може бути знижена, мова може йти лише про поглиблене зниження температури аміачних конденсатів. При цьому слід зауважити, що оскільки частина аміачних конденсатів використовується в технологічних цілях (гасіння вапна, промивка фільтрів, пробілювання цукру тощо), що вимагає підтримання певної температури, необхідно розділити потоки конденсатів з метою поглибленого охолодження їх основної частини. Також слід врахувати, що **поглиблене охолодження конденсатів вимагає наявності** відповідних продуктів, що ними нагріваються, з можливо низькими температурами, а це є **технологічною задачею**.

1.3. **Використання теплоти утфельної пари**. В наведеному прикладі теплота утфельної пари, як це робиться на вітчизняних заводах, використовується для попереднього нагріву барометричної води в вакуум-конденсаційній установці. Це враховано тим, що температура барометричної води на вході в завод задана рівною 45°C, а не температурі навколишнього середовища. Для більш глибокого використання утфельної пари на нагрів барометричної води можна застосувати два методи: організувати двоступеневий нагрів в конденсаторі; можна знизити вакуум в конденсаторі, що, однак, може призвести до погіршення роботи вакуум-апаратів.

Крім цього, можна організувати нагрівання дифузійного соку утфельною парою в підігрівнику спеціальної конструкції. Для цього необхідно мати сік після дифузійного апарату можливо нижчої температури, що являється складною технологічною задачею в умовах специфічної вітчизняної сировини.

1.4. **Зменшення втрат енергії в навколишнє середовище**. Не будемо зупинятися на загальновідомих вимогах до теплової ізоляції, відповідного технологічного обладнання (наприклад, сучасного фільтраційного обладнання).

Слід окремо зупинитися на вимогах до якості сировини та досконалості ведення технологіч-



ного процесу, рівня автоматизації. Саме технологічний режим має вирішальний вплив на втрати в навколишнє середовище. Наприклад, підвищення якості продуктів призводить до зменшення кількості реагентів на дефекосатурації та, як наслідок, до зменшення втрат з випареною на сатураціях водою. Очевидним є вплив якості продуктів на втрати в продуктовому відділенні. Також очевидним є вплив автоматизації на якість проведення технологічних процесів, мінімізацію часу перебування продуктів на потоці та, як наслідок, до зменшення втрат.

Якщо ж мова йде про **комплексну реконструкцію підприємства**, в тому числі з **метою зниження витрати паливно-енергетичних ресурсів**, слід зауважити наступне. По-перше, оскільки цукровий завод є неподільною структурою, вагомих результат може принести лише системна робота, що поєднує комплекс нерозривно пов'язаних технологічних та теплотехнічних заходів. По-друге, впровадження окремих видів обладнання, навіть надсучасного, не дасть результату, якщо воно не вписується у цей комплекс заходів.

Ще раз слід наголосити, **що підвищення ефективності використання ПЕР є системною задачею і розв'язуватися вона повинна відповідними системними методами.**

Відповідно, з аналізу загальноновиробничого теплового балансу можна визначити комплекс заходів з реконструкції цукрового заводу з метою зниження витрати ПЕР:

1. Для того, щоб кардинально зменшити витрату пари на нагрівання води, яка надходить в завод, слід звести кількість живильної води до мінімуму, бажано до нуля, одночасно максимально знижуючи температуру аміачних конденсатів, що залишають завод. Для цього:

1.1. Більшу частину води, що міститься в жомі можна замкнути всередині заводу, якщо видалити її з жому з допомогою жомових пресів та повернути на живлення дифузійного апарату. Це непроста технологічна задача, яка вимагає переходу з чисто дифузійного методу сокодобування на принципово інший – дифузійно-пресовий.

1.2. Замкнути аміачні конденсати всередині заводу, повернувши їх на живлення дифузійної установки. При цьому охолодження аміачних конденсатів перед дифузійною установкою вже матиме не енергозберіжний характер, а виключно технологічний.

2. З метою зменшення кількості утфельної пари, що залишає завод, слід впровадити наступні заходи:

2.1. Подавати на уварювання в вакуум-апарати продукти (сироп з клеровкою) з підвищеною густиною (вміст сухих речовин підвищити до 70-72%СР), для чого впровадити вакуум-апарати з примусовою циркуляцією та систему їх повної автоматизації.

2.2. Частину утфельної пари використати в заводі для нагрівання дифузійного соку (одночасно максимально використовуючи утфельну пару для нагрівання барометричної води у випадку її використання для живлення дифузійної установки). Для цього слід отримати дифузійний сік після дифузійного апарату пониженої температури, що можна зробити, лише застосувавши дифузійно-пресовий метод сокодобування. Тобто, заходи п.п. 1.1 та 2.2 слід впроваджувати лише комплексно.

3. Впровадити комплекс заходів із зменшення втрат в навколишнє середовище. Ще раз нагадаємо, що ці заходи не обмежуються питаннями заміни теплової ізоляції. До них належать, в першу чергу, вимоги стабільної неперервної роботи заводу, високої якості ведення технологічного процесу та високої якості продуктів на верстаті заводу, що визначаються, в свою чергу якістю сировини, рівнем технологічного обладнання, рівнем автоматизації виробництва та, особливо, рівнем професійної підготовки працівників

Слід відзначити, що в заводі є специфічний вид втрат, а саме втрати в сатураційних апаратах з випареною водою. Для зменшення цієї втрати слід розглянути задачу утилізації теплоти викидів сатураційних апаратів, що є складною теплотехнологічною задачею, адже кількість продуктів з низькою температурою, для нагрівання яких можна використати вторинні енергоресурси (утфельну пару, викиди сатураційних апаратів), вкрай обмежена.

4. Впровадити комплекс заходів зі зниження витрати електричної енергії, адже, як показав аналіз, значна частина ПЕР витрачається на виробництво електричної енергії. Давно пора розлучитися з міфом про дешеву (як іноді вважають нефактивці – «дармову») власну електричну енергію цукрового заводу.

Для забезпечення впровадження вищенаведених основних заходів зі зниження витрати ПЕР необхідно одночасно провести комплексну реконструкцію теплової схеми цукрового заводу, адже лише в цьому випадку можна отримати максимальний комплексний енергозберіжний ефект.

### Висновки

Методика комплексного аналізу ефективності тепловикористання цукрового заводу, в основу якої покладено розроблення та аналіз загальноновиробничого теплового балансу цукрового заводу, дозволяє визначити відносний вплив окремих теплотехнологічних факторів на витрату ПЕР в цукровому виробництві, а також визначити послідовність впровадження комплексних заходів із зменшення витрати ПЕР. ■

### Список використаних джерел:

1. *Загородский С.* Тепловое хозяйство сахарных заводов: пер. с польск./Предисл. А.Р.Сапронова.– М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984.– 128 с.