

УДК 633.63:631.5

## INCREASE IN ENERGY, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SUGAR PRODUCTION: BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES

T. Vasilenko, S. Vasilenko, J. Sidnyeva, V. Shutyuk

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Sugar industry  
Energy-efficient  
performance  
Environment  
Best available technology  
Energy efficient design*

**Article history:**

Received 20.02.2014

Received in revised form

27.02.2014

Accepted 11.03.2014

---

**Corresponding author:**

T. Vasilenko

**E-mail:**

npnufit@ukr.net

---

**ABSTRACT**

An important direction of increasing energy and economic efficiency of sugar production while decreasing its anthropogenic impact on the environment may be the use of innovative best available technology. During the reconstruction of refineries the primary method of energy-saving management is the principle of energy-efficient design using best available technology.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ, ЕКОЛОГІЧНОЇ І ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА: НАЙКРАЩІ ДОСТУПНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Т.П. Василенко, С.М. Василенко, Ж.К. Сіднєва, В.В. Шутюк

*Національний університет харчових технологій*

*Важливим напрямом підвищення енергетичної й економічної ефективності цукрового виробництва з одночасним зменшенням його техногенного впливу на довкілля може стати застосування інноваційних найкращих доступних технологій. Під час реконструкції цукрових заводів основним методом енерго-економічного менеджменту є принцип найкращих доступних технологій енергоефективного проектування.*

**Ключові слова:** *цукрова промисловість, енергоекономічна ефективність, екологія, найкращі доступні технології, енергоефективне проектування.*

Беручи до уваги інтелектуалізацію економіки та сучасні трансформаційні перетворення, керівники повинні зосереджувати увагу на тому, що результати діяльності підприємства все більше залежать від рівня розвитку його працівників. Менеджерам та HR-спеціалістам потрібно завжди пам'ятати, що

наявність у працівників належної професійної підготовки, навичок, досвіду тощо не гарантує високої ефективності праці. Провідною силою їхньої активної трудової діяльності є мотивація.

Підвищення енергоефективності цукрового виробництва безпосередньо пов'язане зі зменшенням його техногенного впливу на довкілля. Це особливо важливо, якщо врахувати, що в більшості інших випадків природоохоронні заходи передбачають збільшення енергоспоживання [1]. Відповідно, енергозбереження та зменшення техногенного впливу виробництва на довкілля слід розглядати як неперервно поєднані складові комплексного розвитку підприємств, галузі й національної економіки в цілому [5].

У цьому сенсі важливим методом комплексного підвищення ефективності виробництва, включаючи його енергоефективність, на основі екологічно орієнтованої перебудови техніко-технологічного базису інновацій у цукровій промисловості повинне стати застосування найкращих доступних технологій (НДТ) [3].

Поняття «найкраща доступна технологія» (best available technology) визначене у Директиві Європейської Ради 96/61/ЄС «Про комплексний контроль і запобігання забрудненню» [4]. У статті 2(12) найкраща доступна технологія визначається як «найбільш ефективна і передова стадія в розвитку виробничої діяльності та методів експлуатації об'єктів, яка визначає практичну придатність певних технологій як принципової основи для встановлення граничних величин викидів і скидів, призначених для запобігання або, якщо це практично неможливо, скорочення викидів та скидів і впливу на навколишнє середовище в цілому».

Суть поняття пояснюється таким чином:

- технології включають в себе як технології, що використовуються, так і спосіб, яким об'єкт спроектований, побудований, обслуговується, експлуатується і виводиться з експлуатації;

- доступні — технології, які відповідно до рівня розвитку можуть впроваджуватись у відповідній галузі промисловості з урахуванням економічної й технічної доцільності, а також витрат і вигод, незалежно від того, чи використовуються і виробляються ці технології всередині певної країни-члена, якщо вони можуть обґрунтовано вважатися доступними для оператора;

- найкращі — технології, які найбільш дієво забезпечують загальний високий рівень охорони навколишнього середовища в цілому.

Слід зазначити, що в Росії законодавчо оформлено визначення поняття «наилучшая существующая технология».

Поняття «найкраща доступна технологія» насамперед означало найкращу досягнуту із сучасних технологій без урахування традиційного економічного аналізу витрати — вигоди. Нині у разі віднесення технології до найкращої обов'язково враховуються економічні чинники.

Після закінченні терміну дії та перегляду Директиви 96/61/ЄС набрала чинності Директива 2008/1/ЄС «Про комплексне запобігання та контроль забруднень» (Директива IPPC), згідно з якою вимога про застосування НДТ поширюється тільки на галузі економіки, де експлуатація великих підприємств пов'язана з істотним впливом на довкілля. Вимога також поширюється

на підприємства з переробки рослинної сировини з метою виробництва харчових продуктів з потужністю виробництва готової продукції понад 300 тонн на добу. До таких підприємств належать практично всі цукрові заводи України [2].

Директива ІРРС вимагає ефективного використання енергії при експлуатації будь-яких установок. Енергоефективність є одним з критеріїв, які використовуються при визначенні НДТ для будь-якого виробничого процесу [6, 7]. При цьому Директива ІРРС містить прямі або непрямі посилання на питання енергоефективності та використання енергії:

- ... цілі та принципи природоохоронної політики Співтовариства (Європейського Союзу), ..., складаються, зокрема, із запобігання, скорочення та, по можливості, усунення забруднення навколишнього середовища передусім шляхом вживання заходів щодо джерел забруднення та забезпечення раціонального використання природних ресурсів відповідно до принципу «забруднювач платить» і принципу запобігання забрудненню (Преамбула 2);

- ... п'ята програма дій з охорони довкілля, ... в резолюції від 1 лютого 1993 р. про політику і дії Співтовариства щодо охорони довкілля і сталого розвитку надає першорядне значення комплексному контролю забруднення як одній з найважливіших передумов досягнення більш стійкої рівноваги між людською діяльністю та соціально-економічним розвитком, з одного боку, і природними ресурсами та здатністю природи до відновлення — з іншого (Преамбула 3);

- під забрудненням розуміють пряме або опосередковане внесення ... вібрацій, тепла або шуму, ..., яке може бути шкідливим для людського здоров'я або довкілля ... (ст. 2(2));

- держави-члени мають вживати необхідні заходи для забезпечення уповноваженими органами такої експлуатації об'єктів, щоб ... енергія використовувалася ефективним чином (ст. 3);

- держави-члени вживають необхідні дії для того, щоб заява в уповноважений орган містила опис ... енергії, яка споживається або виробляється установкою (ст. 6 (1));

- до міркувань, які слід брати до уваги при визначенні НДТ взагалі або у конкретних випадках, належать споживання і характер сировини (включаючи воду), що використовується в технологічному процесі, й ефективність використання енергії (додаток IV, п.9).

Забезпечення енергоефективності є пріоритетним напрямком діяльності Європейського Союзу. З огляду на це було прийнято низку політичних і правових документів:

- Берлінська декларація, березень 2007 р.;
- План дій у галузі енергоефективності (COM(2006)545 final ), жовтень 2007 р.;
- Комюніке Комісії про реалізацію Європейської програми зі зміни клімату (COM (2001) 580 final), положення про енергоефективність промислових установок;
- «Зелена доповідь» (Green Paper) з енергоефективності (COM(2005)265), 22 червня 2005 р.;

- «Зелена доповідь » (Green Paper) «До європейської стратегії безпеки енергопостачання» (COM(2000)769 final), 29 листопада 2000 р.;

- Директива Ради 2004/8/ЄС від 11 лютого 2004 р. про розвиток когенерації на основі попиту на корисне тепло на внутрішньому ринку та про доповнення Директиви 92/42/ЄС;

- Директива Ради 2006/32 /ЄС від 5 квітня 2006р. про ефективність кінцевого використання енергії, енергетичних послуг та скасування Директиви 93/76/ ЕЕС;

- Рамкова Директива про встановлення вимог до екопроектування енергоспоживаючої продукції EuP (2005/32/ЄС);

- план дій щодо забезпечення стійкої промислової політики;

- план з енергоефективності для малих і середніх підприємств, розроблений в рамках діяльності з впровадження стандарту EMAS;

Слід врахувати також дослідження та проекти в рамках програм Intelligent Energy — Europe і SAVE, спрямованих на підвищення енергоефективності будівель та промислової діяльності.

Метою Директиви 2008/1/ЄС є здійснення комплексного контролю і запобігання забруднень, що надає можливість забезпечити вищий рівень охорони навколишнього середовища в цілому, включаючи ефективне застосування енергії та раціональне використання природних ресурсів.

Ключовим елементом забезпечення енергоефективності на рівні систем є підходи, спрямовані на створення відповідної системи менеджменту в рамках НДТ енергоекономічного менеджменту. Інші НДТ, застосовувані на рівні системи, роблять внесок у менеджмент ефективності і сприяють отриманню більшої кількості інформації про конкретні інструменти, необхідні для досягнення поставлених цілей. Зважаючи на це, можна виділити такі НДТ:

- впровадження та підтримки системи менеджменту енергоефективності, включаючи планування й визначення цілей і завдань, а також розробка ефективних енерготехнологій і відстеження досягнень у сфері методів забезпечення енергоефективності;

- оптимізації системи менеджменту енергоефективності на основі системного підходу;

- постійного поліпшення екологічної результативності;

- виявлення енергоефективності системи і можливостей для енергозбереження, що полягає у виявленні аспектів функціонування системи, що впливають на її енергоефективність, за допомогою організації аудиту, побудованого на принципах системного аналізу;

- встановлення та перегляду цілей і показників у галузі енергоефективності;

- порівняльного аналізу результативності з використанням галузевих, національних і регіональних орієнтирів;

- підвищення ступеня інтеграції процесів;

- підтримання поступального розвитку ініціатив у галузі енергоефективності та підвищення мотивації;

- підтримання рівня кваліфікації персоналу у сфері енергоефективності;

- ефективного контролю технологічних процесів;
- технічного обслуговування;
- визначення й дотримання процедур регулярного моніторингу та вимірювання характеристик виробничого процесу та видів діяльності, які суттєво впливають на енергоефективність;
- енергоефективного проектування, що полягає в оптимізації енергоекономічної ефективності при проектуванні нового виробництва, виробничої одиниці, системи одиниць, або плануванні їхньої значної модернізації.

Практичний досвід свідчить, що використання методів енергоефективного проектування є одним з найбільш економічно ефективних способів підвищення енергоефективності. В цілому, відношення сукупних соціально-економічних вигод до витрат при підвищенні енергоефективності за допомогою енергоефективного проектування на основі інноваційних підходів виявляється в 3—4 і більше разів вище, ніж за традиційних методів модернізації на базі аудитів.

При цьому найважливішим елементом НДТ енергоефективного проектування є вибір енергоефективних енерготехнологій, оскільки саме з цим, як відзначалось, пов'язаний найбільший потенціал енергозбереження.

Можна зробити висновок, що на етапі створення ескізного проекту модернізації існуючих виробництв в рамках енергоефективного проектування треба використовувати елементи таких НДТ: виявлення енергоефективності системи і можливостей для енергозбереження, встановлення та перегляду цілей і показників у галузі енергоефективності, порівняльного аналізу (бенчмаркінгу), а також постійного поліпшення екологічної характеристики.

Розглянемо питання розроблення енергоефективної теплотехнології цукрового виробництва на етапі концептуального проектування (ескізного проекту) в рамках НДТ енергоефективного проектування модернізації його ЕТК. У реальних розрахунках в основу НДТ виявлення енергоефективності системи і можливостей для енергозбереження повинні бути покладені результати термoeкономічного аудиту підприємства. Аналізуючи реальний стан теплоспоживання за результатами аудиту, складають реальний матеріальний і тепловий баланси по всіх системах заводу, після чого, знаючи реальні показники витрати ПЕР, визначають реальні значення тепловтрат. Отримані результати мають бути покладені в основу НДТ порівняльного аналізу реальних показників споживання ПЕР з розрахунковими показниками роботи аналогічних теплотехнологічних комплексів, що виконують на цьому етапі роль критеріїв ефективності. На цих результатах повинні також базуватися подальші варіантні розрахунки перспективних теплотехнологічних схем та їх порівняльний аналіз.

Таким чином, в енергетичному аудиті в рамках НДТ виявлення енергоефективності використовують метод фактичних аналітичних балансів, який надає можливість оцінити фактичний стан енерговикористання з визначенням корисно застосованих ПЕР і визначити як загальні втрати ПЕР, так і їхні складові. Розробляючи заходи щодо підвищення ефективності використання ПЕР на підставі результатів аудиту, використовують метод розрахункових аналітичних балансів.

У проектних розрахунках при формуванні вихідних умов враховують початковий розрахунковий матеріальний баланс по всіх станціях заводу і величини тепловтрат, отримані в результаті аудиту, після чого визначають комплексні показники витрати ПЕР.

Методологічною базою енергоефективного проектування є НДТ порівняльного аналізу пропонованих ефективних енерготехнологій. У свою чергу, методологічною базою НДТ порівняльного аналізу є НДТ визначення показників енергоефективності.

Як основу НДТ визначення показників енергоефективності запропоновано використати розроблений за участі авторів метод енергоекономічного аналізу загальновиробничих теплових і матеріальних балансів цукробурякового виробництва.

Розглянемо приклад НДТ енергоекономічного менеджменту енергоефективності цукрового заводу на етапі розроблення енергоефективних технологій з урахуванням вигод, отриманих під час їх впровадження. За результатами застосування НДТ виявлення енергоефективності системи і можливостей для енергозбереження можна зробити висновок, що теплота в цукровому заводі витрачається на:

1. Збільшення температури сухих речовин, що надходять у завод, від вхідної температури до температур жому, цукру, меляси, фільтраційного осаду відповідно.

2. Підвищення температури води, що надходить у завод в складі буряку, та живильної води екстрактора (дифузійної установки), до температури жому та кінцевої температури надлишкової води, що виводиться із заводу, основною частиною якої є так звані «аміачні конденсати».

3. Випаровування води в кількості пари, що надходить з кристалізаційного відділення до вакуум-конденсаційної установки.

4. Компенсацію втрат теплоти у доквілля (ці втрати відіграють значну роль у балансі теплоти. Навіть їхні відносно низькі значення складають не менше 25...30% від безпосередніх витрат енергії на технологічний процес).

Відповідно, можна запропонувати ряд заходів щодо розроблення енергоефективних енерготехнологій. Наприклад, в межах так званої «типової класичної» теплотехнологічної схеми без поглибленого використання вторинних енергоресурсів слід визначити такі кроки зі зменшення витрати ПЕР:

- 1.1. Зменшення кількості живильної води, що надходить у завод, та, як наслідок, зменшення кількості надлишкової води.

- 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 з технологічною метою (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 технологічним завданням.

1.3. Використання теплоти пари, що залишає кристалізаційне відділення (вторинної пари вакуум-апаратів або ж так званої «утфельної» пари). В типовій схемі теплота цієї пари використовується для попереднього нагріву живильної води у вакуум-конденсаційній установці. Для більш глибокого використання утфельної пари можна застосувати два методи: організувати двоступеневе нагрівання в конденсаторі, а також підвищити тиск пари у вакуум-конденсаційній установці.

Також можна організувати нагрівання дифузійного соку утфельною парою в підігрівнику спеціальної конструкції. Для цього необхідно мати сік після дифузійного апарата можливо нижчої температури, що є складною технологічним завданням в умовах використання на сучасному етапі вітчизняної сировини відносно низької якості

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

Слід окремо проаналізувати вимоги до якості сировини та досконалості ведення технологічного процесу, рівня автоматизації. Саме технологічний режим має вирішальний вплив на втрати в довілля. Наприклад, підвищення якості продуктів сприяє зменшенню кількості реагентів на ділянках очищення соків і, як результат, зменшенню втрат з випареною в апаратах карбонізації водою. Явним є вплив якості продуктів на втрати в продуктовому відділенні. Також очевидний вплив автоматизації на якість проведення технологічних процесів, мінімізацію часу перебування продуктів на потоці та, як результат, зменшенню втрат.

Якщо ж розглядати комплексну реконструкцію підприємства, в тому числі з метою зниження витрати паливно-енергетичних ресурсів, слід зауважити, що, по-перше, оскільки цукровий завод є неподільною структурою, то вагомого результату можна досягти лише в разі системної роботи, що поєднує комплекс нерозривно пов'язаних технологічних і 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 системним завданням, яке повинно вирішуватися відповідними системними методами.

З аналізу загальновиробничого теплового балансу можна визначити комплекс заходів щодо реконструкції цукрового заводу з метою зниження витрати ПЕР.

1. Для кардинального зменшення витрати пари на нагрівання води, яка надходить у завод, слід звести кількість живильної води до мінімуму, бажано до нуля, одночасно максимально знижуючи температуру аміачних конденсатів, які виводяться із заводу. З цією метою:

1.1. Більшу частину води, що міститься в жомі, можна замкнути всередині заводу, якщо видалити її з жому за допомогою жомових пресів і повернути на живлення дифузійного апарата. Це непросте технологічне завдання, яке вима-

гає переходу від суто 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 енергоощадний характер, а виключно технологічний.

2. 3 метою зменшення кількості утфельної пари, що виводиться з заводу, потрібно:

2.1. Подавати на уварювання у 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 їхньої повної автоматизації.

2.2. Частину утфельної пари використовувати в заводі для нагрівання дифузійного соку (одночасно максимально використовуючи утфельну пару для нагрівання барометричної води у разі її використання для живлення дифузійної установки). Для цього слід отримати дифузійний сік після дифузійного апарата 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 щодо зменшення втрат у доквілля. Ще раз варто нагадати, що ці заходи не обмежуються питаннями заміни теплової ізоляції. До них належать передусім вимоги стабільної неперервної роботи заводу, високої якості ведення технологічного процесу та високої якості продуктів на верстаті заводу, що визначаються, у 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 цих втрат слід розглянути фактор утилізації теплоти викидів сатураційних апаратів, що є складним теплотехнологічним завданням, адже кількість продуктів з низькою температурою, для нагрівання яких можна використати вторинні енерго-ресурси (утфельну пару, викиди сатураційних апаратів), вкрай обмежена.

4. Впровадити комплекс заходів щодо зниження витрат електричної енергії, адже, як засвідчує аналіз, значна частина ПЕР витрачається на виробництво електричної енергії. Слід відмовитися від ідеї дешевої (як іноді вважають, дармової) власної електричної енергії цукрового заводу.

Для забезпечення впровадження вищенаведених основних заходів щодо зниження витрати ПЕР треба одночасно провести комплексну реконструкцію теплотехнологічного комплексу цукрового заводу, оскільки лише в цьому разі можна отримати максимальний комплексний енергоощадний ефект.

Проведемо порівняльний розрахунок енергоефективності поетапного впровадження окремих розроблених енергоефективних технологій.

1 етап. 3 метою зменшення нагрівання води, що надходить у завод у вигляді так званої барометричної води, що виводиться із нього у вигляді так званих аміачних конденсатів, усі аміачні конденсати повертаються на живлення дифузійної установки.



2 етап. У дифузійному відділенні переходять на дифузійно-пресовий метод сокодобування, для чого встановлюють жомові преси глибокого віджиму, а вся жомотресова вода повертається на живлення дифузійного апарату. Залишки живильної води надходять у вигляді аміачних конденсатів.

3 етап. У продуктовому (кристалізаційному) відділенні встановлюються вакуум-апарати з механічними циркуляторами, що надає можливість уварювати густі продукти. Вміст сухих речовин у продукті, що надходить у вакуум-апарати першого продукту (суміші сиропу після випарної установки та клеровки), складає 72 %.

4 етап. Частину утфельної пари використовують для нагрівання дифузійного соку на 20 °С (якщо при використанні барометричної води на живлення дифузійної установки частину утфельної пари застосовують для її попереднього нагрівання, то з переходом на живлення дифузійної установки жомотресовою водою й аміачним конденсатом цей варіант утилізації вторинного енергоресурсу, яким є утфельна пара, вичерпується).

Результати порівняльного аналізу енергетичної ефективності поетапної інноваційної модернізації цукрового виробництва зведено у таблицю (розрахунки проведено згідно з розробленим авторами методом загальновиробничих теплових і матеріальних балансів). Розрахунки наведені в натуральному виразі, оскільки при цьому не враховується вплив ціноутворення ПЕР на результати порівняльного аналізу.

**Таблиця. Результати аналізу поетапного підвищення ефективності використання ПЕР**

| № пор. | Показник                                                                         | Базов. варіант | 1 етап       | 2 етап | 3 етап | 4 етап |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|--------|--------|--------|
| 1      | 2                                                                                | 3              | 4            | 5      | 6      | 7      |
| 1      | Забір барометричної води з доквілля з температурою 15°C, кг/т буряків            | 830            | 211,2        | 0      | 0      | 0      |
| 2      | Витрата надлишкової води в доквілля з температурою 65°C, кг/т буряків            | 718,8          | 0            | 361    | 396,5  | 396,5  |
| 3      | Витрата пари на технологічні потреби, кг/т буряків                               | 353,4          | 318,2        | 305,9  | 269,8  | 233,5  |
| 4      | Витрата теплоти на технологічні потреби, Мкал/т буряків                          | 192,95         | 11733,7<br>6 | 167,04 | 147,3  | 127,5  |
| 5      | Виробництво електроенергії на тепловому споживанні, кВт·год/т буряків            | 30             | 30           | 30     | 28,4   | 24,6   |
| 6      | Витрата умовного палива на технологічні потреби, м <sup>3</sup> /т буряків       | 30,62          | 27,58        | 26,51  | 23,39  | 20,24  |
| 7      | Витрата умовного палива на вироблення електроенергії, кг/т буряків               | 4,5            | 4,5          | 4,5    | 4,25   | 3,68   |
| 8      | Витрата умовного палива на технологію та вироблення електроенергії, кг/т буряків | 35,12          | 32,08        | 31,01  | 27,64  | 23,92  |
| 9      | Комплексна витрата ПЕР (природного газу) на ТЕЦ, м <sup>3</sup> /т буряків       | 31,36          | 28,64        | 27,69  | 24,68  | 21,36  |

*Продовдження табл.*

| 1  | 2                                                         | 3    | 4    | 5    | 6    | 7  |
|----|-----------------------------------------------------------|------|------|------|------|----|
| 10 | Частка тепловтрат в довкілля в загальній витраті ПЕР, %   | 21,8 | 24,2 | 25,2 | 28,5 | 33 |
| 11 | Відносне зменшення витрати ПЕР на технологічні потреби, % | —    | 10   | 13   | 24   | 33 |

Особливо слід відзначити, що коли йдеться про аналіз ефективності, то це обов'язково має бути порівняльний аналіз. В основі ж процедури порівняльного аналізу лежить поняття критерію порівняння, в даному випадку критерію ефективності.

Отримані результати мають бути покладені в основу порівняльного аналізу реальних показників споживання ПЕР і показників передових тепло-технологічних комплексів, що виконуватимуть роль критеріїв ефективності. На цих же результатах повинні базуватися подальші варіантні розрахунки перспективних теплотехнологічних схем та їхній порівняльний аналіз.

У цьому сенсі отримані результати можуть служити критерієм ефективності використання теплоти на цукрових заводах з аналогічними теплотехнологічними схемами. При цьому зрозуміло, що результати аналізу також дають змогу визначити основні елементи забруднення довкілля від діяльності системи теплозабезпечення цукрового виробництва. Одночасно з розробленням енерго-ефективної технології треба визначати можливі зміни величин викидів у довкілля в рамках НДТ постійного поліпшення екологічної характеристики.

У теплотехнологічному комплексі цукрового заводу слід виділити такі джерела забруднення навколишнього середовища: продукти згоряння органічного палива ( парникові гази ), вода з високою температурою, тепла енергія як наслідок тепловтрат з поверхонь елементів устаткування та з викидами з технологічних апаратів ( виключені технологічні викиди, у тому числі з транспортерно-мийними водами, так званим дефекатом тощо).

Розроблена енергоефективна технологія сприяє зменшенню всіх енерго-технологічних викидів у довкілля, а саме:

- унаслідок зменшення витрати енергії на технологічні потреби виробництво енергії в ТЕЦ зменшується і, як результат, зменшується кількість спалюваного в парогенераторах органічного палива;

- зменшення кількості спалюваного палива, у свою чергу, призводить до зменшення викидів у довкілля продуктів його згоряння. При цьому зменшується викиди парникових газів і теплове забруднення повітряного басейну;

- зменшується використання підприємством води з низькою температурою, яка забирається з довкілля;

- відповідно, зменшується кількість води з підвищеною температурою, що скидається у водний басейн;

- знижується температура води, яка скидається в навколишнє середовище, що призводить до зменшення так званого теплового забруднення водного басейну;

- унаслідок зменшення виходу вторинної пари вакуум-апаратів у вакуум-конденсаційну установку зменшується викид теплоти у водний басейн з водою, що охолоджує конденсатори;

- зменшується надходження води з довкілля на підживлення системи оборотного водопостачання;

- зменшується теплове забруднення повітряного басейну внаслідок зменшення прямих тепловтрат обладнання енерготехнологічного комплексу.

Відповідно, знаючи витрату палива в ТЕЦ, можна визначити викиди парникових газів після парогенераторів і теплове забруднення навколишнього середовища. З водного балансу ТТК можна визначити теплове забруднення водного басейну внаслідок викидів гарячої надлишкової води, яка, до того ж, містить значну частку шкідливого аміаку.

### Висновки

Лише поетапна комплексна реконструкція теплотехнологічного комплексу цукрового виробництва на основі принципів енергоекономічного менеджменту енергоефективності, в тому числі із застосуванням найкращих доступних технологій, надасть можливість послідовно зменшувати витрату ПЕР на технологічні потреби й покращити показники екологічної діяльності підприємства.

### Література

1. *Анализ мирового рынка сахара: 2005—2014 гг.* — М.: Businesstat.— 284 с.
2. Бондар В.С. Тенденції цін світового ринку цукру і їх вплив на внутрішній ринок України [Електронний ресурс] / В.С. Бондар, С.Ю. Андрющенко // Цукрові буряки. — 2010. — № 25 (77). Режим доступу: <http://www.sugarbeet.org.ua>
3. Гончарук А.Г. Об эффективности производства сахара в Украине. Цукор України, 2008.— № 2.— С. 5—9.
4. *Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы* / Е.Б. Королева, О.Н. Жигилей, А.М. Кряжев, О.И. Сергиенко, Т.В. Соконова — СПб., 2011. — 123 с.
5. *Ситуація на ринку цукру у 2009/2010 маркетинговому році* [Електронний ресурс]: Державна підтримка українського експорту / за даними Міністерства економіки України. — Режим доступу: <http://ukrexport.gov.ua>
6. *Sugar: World Markets and Trade* [Электронный ресурс] / United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service.— Режим доступа: <http://www.fas.usda.gov>
7. *World production, supply, and distribution, centrifugal sugar* [Электронный ресурс] / USDA, FAS, PSD database. Режим доступа: <http://www.fas.usda.gov>

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА: ЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Т.П. Василенко, С.М. Василенко, Ж.К. Сиднева, В.В. Шутюк  
*Национальный университет пищевых технологий*

*Важным направлением повышения энергетической и экономической эффективности сахарного производства с одновременным уменьшением его*

*техногенного воздействия на окружающую среду может стать использование инновационных наилучших доступных технологий. При реконструкции сахарных заводов основным методом энергоэкономического менеджмента является принцип наилучших доступных технологий энергоэффективного проектирования.*

**Ключевые слова:** *сахарная промышленность, энергоэкономическая эффективность, экология, наилучшие доступные технологии, энергоэффективное проектирование.*