

**РОЗРОБКА ПІДХОДУ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВИПАРНИХ
УСТАНОВОК У СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ
ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ**

**Ляшенко С.О., д.т.н., проф., Фесенко А.М., ст. викл.,
Ляшенко О.С., к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Кісь О.В., студ.

Харківський національний університет радіоелектроніки

В статті визначено причини низької теплоенергоефективності роботи основного відділення цукрового заводу, випарного, що забезпечує парою всі виробництва заводу. Розглянуто енергоефективність процесу випарювання за різних схем роботи випарних установок та встановлено перспективні підходи до вирішення цієї проблеми. Запропоновано підхід до удосконалення теплоенергоефективності процесу випарювання, що дає можливість визначити оптимальні режими роботи випарних установок за різних схем роботи.

***Ключові слова:** випарна установка, теплоенергоефективність, технологія, процес, матеріальний баланс, модель, схема випарювання.*

Вступ. Виробництво цукру відноситься до головних складових агропромислового комплексу держави. Дане виробництво у галузі переробки є найбільш складним та енергоємним. Енергоємність формується значною кількістю теплових процесів при отриманні цукру.

Сучасне високоефективне цукрове виробництво характеризується такими показниками як якість продукції, ефективність енергоспоживання, собівартість тощо. Ці показники диктують необхідність використання найсучасніших досягнень в технології отримання цукру, виборі обладнання, використанні ефективних систем автоматизації процесів переробки цукрових буряків і організації цукрового виробництва.

Загальні проблеми. Сучасний цукровий завод є високоефективним об'єктом, що поєднує багато етапів виробництва. Сам процес виробництва цукру доволі складний з точки зору наявності значної кількості хімічних, технологічних та матеріальних процесів. Різноманітність процесів також спричинює формування небезпечних факторів при їх виконанні.

Технологічні етапи цукрового виробництва супроводжуються значним споживанням теплової енергії. Основним напрямком економії палива в цукровій галузі є зменшення витрат теплової енергії (пари) на технологічні потреби, яка в загальному балансі перевищує 80 % для цукрових заводів з

високими показниками енергоефективності [1].

При вирішенні проблеми енергозбереження в цукровій промисловості головним завданням насамперед є зменшення питомих витрат тепла у вигляді пари на технологічні потреби. Для її виробництва витрачається більше 80-85% від загальної кількості придбаного палива. Тому для цукрових заводів України стратегічний напрямком економії - зменшення споживання пари на ТП [2].

Аналіз стану справ. Центральне місце в тепловій схемі цукрового заводу за значенням виконуваних функцій, споживанням і розподілом теплової енергії, складністю і вартістю займає багатокорпусна випарна установка (БВУ), яка складається з окремих корпусів. Випарні апарати є найбільш суттєвою формою теплообмінного обладнання і від їх ефективної роботи значною мірою залежать і технологічні, і теплотехнічні показники роботи заводу [3].

У цукровому виробництві використовуються БВУ з відбором пари по корпусах для сторонніх технологічних споживачів. Паровідбори з корпусів БВУ зменшують величину кратності випаровування. Однак це не означає, що застосування БВУ з відборами вторинної пари по корпусах недоцільне. Якщо на цукровому заводі застосувати випарну установку без паровідборів із проміжних корпусів, то для випаровування 100% води до м. б. у п'ятикорпусній ВУ загальне споживання пари із ТЕЦ досягне 60...65 % до м.б. Багаторазове використання теплоти пари в БВУ забезпечує ощадливе використання теплової енергії у цукровому виробництві та економію теплоносіїв [1, 3].

На цукрових заводах України теплові схеми найчастіше базуються на п'ятикорпусних ВУ з використанням або без використання вторинної пари останнього корпусу для нагрівання соку, барометричної води й інших потреб. В останньому випадку п'ятий корпус називається концентратором.

У цукровій галузі України найчастіше використовують випарні апарати з природною циркуляцією А2-ПВВ з досить високими теплотехнічними та експлуатаційними показниками. Процес випарювання в апараті безперервний. Найбільша ефективність роботи забезпечується за певного, оптимального рівня соку, що регулюється автоматично і залежить від концентрації соку [3].

Розглянувши типові температурні режими роботи чотирикорпусної БВУ з концентратором на Кириковському цукровому заводі (Сумська обл.) та БВУ з попереднім підігрівом, на Першому ім. Петровського цукровому заводі у смт. Білому Колодязі (Харківська обл.) можна відмітити, що за рахунок конструктивних відмінностей у різних ВУ, такі основні показники режимів роботи як температура і тиск гріючої пари, температура кипіння соку, питомі поверхні теплообміну, і так далі, мають певні розбіжності. Це призводить до зміни режимів роботи в реальних ВУ на різних цукрових заводах [1, 4].

Ефективність виробництва цукру в Україні знаходиться в межах від 0,75 до 0,90, тоді як у провідних державах, що виробляють цукор, цей показник досягає 0,9 - 0,96 [4].

Основними причинами такого стану є низька енергоефективність виробництва, недотримання ТП, низький рівень автоматизації виробничих процесів, що, в свою чергу, призводить до зменшення виходу якісного цукру [1]. Так як енергоефективність виробництва цукру залежить від оптимізації

теплових процесів, то необхідно відмітити, що оптимізація витрати пари забезпечується удосконаленням ТП та використанням сучасного обладнання, використанням теплоти вторинних джерел, покращенням теплової ізоляції, через недосконалість якої нині втрачається до 20-30% теплоти [2].

Проаналізувавши різноманітні конструктивні особливості ВУ та теплові режими роботи випарного відділення можна відмітити, що на стабільність роботи ВУ значний вплив здійснюють: накип у кипятильних трубках ВУ, якість соку, температура соку та пари, а також й інші показники [1, 3].

Показники якості сиропу оцінюється за такими показниками як СР, кольоровість, мутність, зольність та інші [5 - 8].

Отже, постійна продуктивність випарної установки за кількістю випареної води може підтримуватися лише протягом деякого часу. Її подальша робота призводить до зменшення концентрації сухих речовин у сиропі із ВУ і значного збільшення витрати тепла (пари) на технологічні потреби.

Ефективна робота ВУ неможлива без автоматизованого контролю та регулювання її технологічних параметрів. Зокрема, автоматизація ВУ має забезпечити: підтримання відповідних характеристик пару та соку, підтримання оптимальних рівнів у корпусах БВУ; підтримання заданих рівнів у збірниках конденсату і виключення прориву пари з них; контроль і реєстрацію теплотехнічних і технологічних параметрів, надійність та безпеку.

На більшості заводів функціонують складні ієрархічні системи автоматизації цукрового виробництва, які базуються як правило, на нижчому, середньому, верхньому і додатковому корпоративному рівнях управління, що обумовлено особливостями управління цукровим виробництвом, контролерами, об'єднаними з серверами мережами Ethernet [9].

Енергетичний баланс цукрового заводу показує, що із загальних витрат палива 85-90% припадає на виробництво теплової енергії для технологічних потреб, а 10-15% - на виробництво електроенергії та на виробництво вапна і вуглекислого газу. Тому визначальним напрямком зменшення питомого споживання паливно-енергетичних ресурсів є скорочення витрат теплової енергії на переробку цукрових буряків.

При проектуванні теплових схем заводів прагнуть створити такий розподіл вторинної пари ВУ при якому кількість води, що випаровується із соку в БВУ, дорівнювала б необхідному для згущення соку до заданого (нормативного) вмісту сухих речовин сиропу (СР). За теплової схеми з БВУ з концентратором це досягається лише при виконанні існуючих технологічних нормативів, роботі заводу чітко в розрахунковому режимі.

На ряді цукрових заводів Західної Європи для підвищення теплової економічності ВУ застосовується підвищений температурний режим. Такий температурний режим є прогресивним, однак він має певні технологічні обмеження. Аналіз результатів балансових випробувань теплового господарства великої кількості бурякоцукрових заводів, а також варіантних розрахунків теплових схем свідчить, що для ефективної роботи ВУ необхідно застосовувати усі відомі способи збільшення її випаровуючої здатності, а система автоматичного регулювання повинна забезпечити підтримку

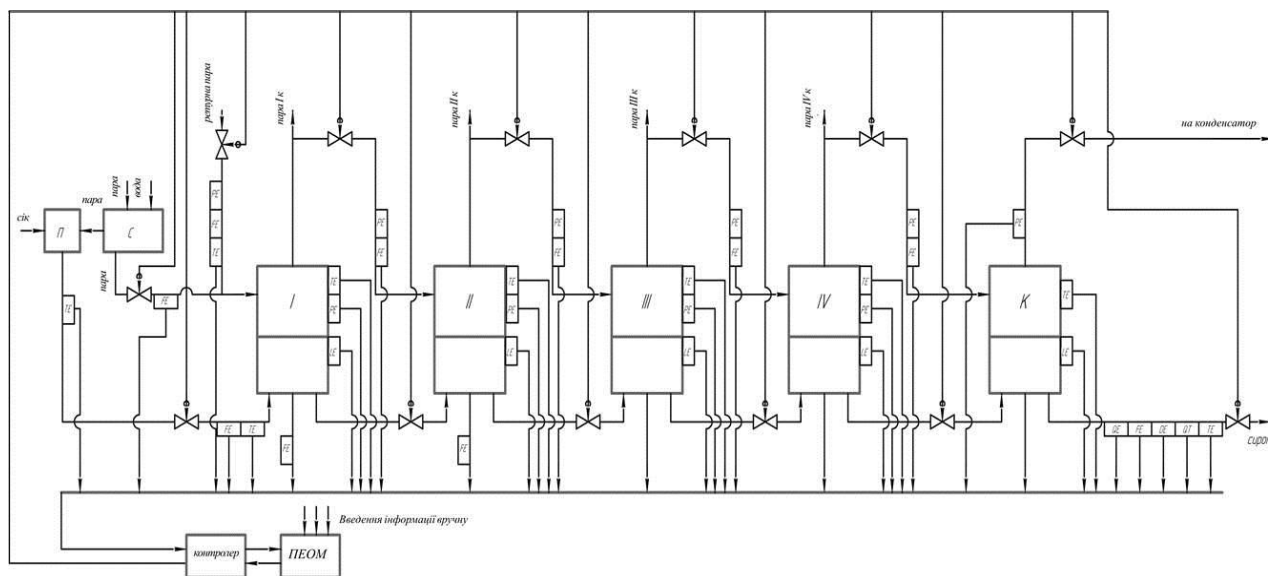
необхідної величини СР. Одним із шляхів забезпечення тепло- та енергозбереження при роботі з ВУ є організація стратегії ресурсозберігаючого управління технологічним процесом випарювання [10]. Цей підхід передбачає розробку загального спрощеного алгоритму втілення ефективного використання тепла при автоматизованому управлінні ТП випарювання.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності роботи ВУ цукрового заводу і її економічна оцінка через втілення ефективного підходу щодо використання тепла за різних схем випарювання.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- вибір ефективних схем випарювання на основі проведеного комплексного аналізу сучасного обладнання та існуючих схем випарювання соку у випарних установках;
- побудова алгоритму ефективного використання тепла при автоматизованому управлінні ТП випарювання у БВУ;
- економічне обґрунтування теплоенергоефективних режимів випарювання соку в БВУ.

Результати досліджень. У процесі роботи цукрового заводу постійно виникає необхідність коригувати продуктивність БВУ для забезпечення необхідної концентрації сиропу. Для визначення найбільш ефективних і раціональних шляхів регулювання роботи ВУ було виконано аналіз ефективності зазначених методів. Для визначення ефективності роботи ВУ розглянемо типову автоматизовану схему управління тепловим режимом випарювання у випарному відділенні (подача пару здійснюється на 1-й корпус ВУ), що наведена на рис. 1.



I, II, III, IV - корпуси ВУ; *К* - концентратор; *П* - підігрівач соку; *С* - збірник пари; *TE* - датчики температури; *FE* - витратоміри; *PE* - датчики тиску та розрідження; *LE* - вимірювачі рівня; *DE* - вимірювачі щільності; *QE* - рефрактометр; *QT* - рН-метр; - регулюючі клапани.

Рис. 1 – Типова автоматизована схема управління тепловим режимом випарювання у випарному відділенні (подача соку на 1-й корпус ВУ)

Основними методами, які можуть застосовуватися в процесі роботи для коригування роботи БВУ, є:

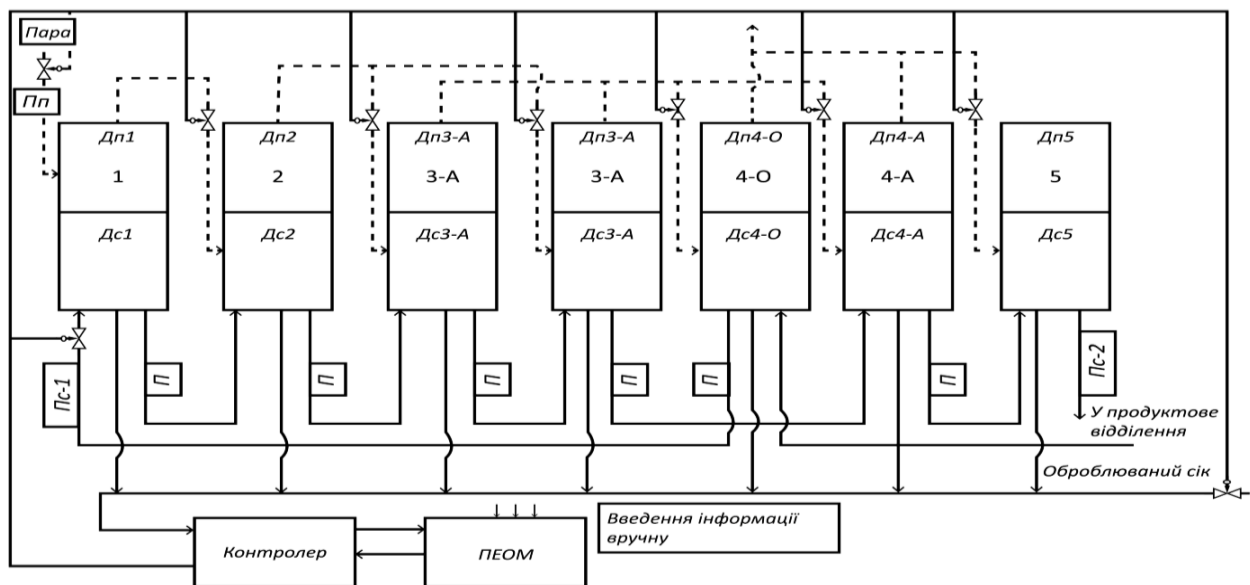
1. Застосування компресії вторинної пари ВУ і зміна кількості пари.
2. Зміна виходу пари з останнього корпусу ВУ в конденсатор.
3. Зміна тиску грючої пари першого корпусу ВУ.
4. Переключення обігрівання споживачів на пару іншого корпусу ВУ або підключення (відключення) додаткових підігрівників.
5. Зміна частки використання тепла вторинних джерел.

До основних моментів, що характеризують роботу ВУ даного типу, слід віднести:

1. Відсутність використання інгібіторів накипоутворення.
2. Підвищену (120-130% до маси буряків) відкачку дифузійного соку та значне розбавлення соку під час очищення.

Все це призводить до значного перевантаження як по кількості води, що необхідно випарувати, так і по величинам паровідборів із корпусів ВУ та досить швидкого поверхневого теплообміну випарних апаратів із зменшенням їх продуктивності. На підставі аналізу проведених досліджень запропоновано і рекомендовано до широкого впровадження більш прогресивну теплову схему з п'ятикорпусною випарною установкою без концентратора з підвищеним температурним режимом.

На рис.2 відображена удосконалена автоматизована схема управління тепловим ТП у випарному відділенні (подача соку на 3-й корпус ВУ).



1-5 – корпуси ВУ; Дс1-Дс5 – характеристики соку у БВА; Дп1-Дп5 – характеристики пари у БВУ; Пп – показники пари, що подається на ВА; Пс1 – показники соку, що подається на ВУ; Пс2 – показники сиропу, що виходить з ВУ; П – показники соку, що випарюється, після ВУ

Рис. 2 – Удосконалена автоматизована схема управління тепловим ТП у випарному відділенні (подача соку на 3-й корпус ВУ)

Вибір схеми раціонального розподілу гріючої пари ґрунтувався на таких положеннях: відпрацьована пара турбін і ретурна пара використовуються для обігріву 1 корпусу БВУ і підігрівача соку перед БВУ. Завдяки переносу паровідборів з перших корпусів на наступні зменшується час перебування соку в зоні високих температур, що за інших однакових умов зменшує розкладення цукру і наростання кольоровості соку при випаровуванні.

Розглянувши основні перспективні схеми випарювання соку у БВУ необхідно дослідити і основні показники роботи цих схем випарювання. Оптимальні показники роботи ВУ відповідно до теплових та матеріальних розрахунків щодо роботи ВУ (Кириківський цукровий завод Сумська область (чотирикорпусна ВУ з концентратором) та Перший ім. Петровського цукровий завод –снт. Білий Колодязь, Харківська область(БВУ без концентратора) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Типові оптимальні технологічні показники для режимів роботи у найбільш розповсюджених схемах роботи ВУ на цукрових заводах

Назва основних показників процесу випарювання	Чотирикорпусна ВУ з концентратором	П'ятикорпусна ВУ з попереднім підігрівом(3 к)	Вихідні оптимальні показники процесу випарювання
	Значення вхідних показників випарювання для 1-го корпусу ВУ		
1. Температура гріючої пари, °С	132,0	131,6	-
2. Тиск гріючої пари, Па.	292000	184000	-
3. Витрати гріючої пари, кг/год	31024 (81613)	29400	-
4. Витрата соку, %, до м. б.	132,8	121,9	29,75
5. Температура соку що подається у ВУ, °С	122	121,3	80
6.Вміст сухих речовин у соку, (СР)	12,5	15,8	60-75
7. Каламутність, мг/дм ³	25-30	25-30	30-40
8. рН	10,8	11	7,8-8,0
9. Тривалість процесу випарювання, год.	1-1,1	0,75-0,85	0,75-1,1

Такі проміжні показники як корисна різниця температур, температура вторинної пари, тиск вторинної пари тощо для всіх корпусів ВУ визначались відповідно до інженерних розрахунків для теплових та матеріальних балансів.

Крім того необхідно відмітити, що при зміні якісних показників соку, що йде на випарювання у ВУ, а також технологічних показників (наприклад, температура пару та соку, тиску пару, витрати соку) показники процесу випарювання будуть змінюватися, що призводить, як відмічалось раніше, до

того, що тривалість процесу випарювання у реальних умовах збільшується до 2-х разів. Порушення тривалості процесу випарювання спричинює погіршення якості продукції та збільшення витрат пари.

Автоматизоване управління ВУ, основною задачею якого є стабілізація ефективних процесів випарювання соку у ВУ повинне базуватися на ефективних теоретичних підходах, що дають можливість адекватно відображати реальні умови випарювання. В традиційних системах автоматизації, що забезпечують процес випарювання, не враховуються такі важливі характеристики, як нестационарність, нелінійність, та неповнота інформації про якісні, технологічні, технічні показники та невизначеність виробничих ситуацій.

Виходячи з цього можна розглянути загальновідомий підхід до теплових та матеріальних процесів, що використовується при випаровуванні соку у БВУ[10].

Як відомо, загальна витрата пари на ВУ відповідає сумі паровідборів з корпусів БВУ:

$$D = E_1 + E_2 + \dots + E_n, \quad (1)$$

де: n – кількість ступеней (корпусів) БВУ; $E_1, E_2 \dots E_n$ - величини паровідборів з відповідних корпусів БВУ.

При цьому кількість випареної води залежить від величин і розподілу паровідборів по ступенях випаровування. Зважаючи, що 1 кг гріючої пари випаровує 1 кг води із соку, можна написати рівняння для розрахунку кількості випареної води залежно від величин паровідборів із корпусів у вигляді[1]:

$$W = E_1 + 2E_2 + \dots + nE_n. \quad (2)$$

Тобто, щоб забезпечити паровідбір з 1-го корпусу з величиною E_1 , необхідно в першому корпусі випарити воду в кількості, рівній величині цього паровідбору – E_1 . Для забезпечення паровідбору з другого корпусу в кількості E_2 , необхідно воду в кількості E_2 випарити із соку в 1-му корпусі, а потім, таку саму кількість вже вторинною парою з 1-го корпусу. Процес випарювання аналогічно відбувається і у наступних корпусах ВУ.

Процес випарювання води з соку може бути відображеним рівнянням матеріального балансу[1]:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{к}} + W, \quad (3)$$

де: $G_{\text{п}}$ – продуктивність по початковому розчину, кг/год; $G_{\text{к}}$ – прдуктивність по кінцевому розчину, кг/год; W – загальна кількість випареної води, кг/год.

При цьому зберігається рівність

$$G_{\text{п}}x_{\text{п}} = G_{\text{к}}x_{\text{к}}, \quad (4)$$

де: $x_{\text{п}}$ та $x_{\text{к}}$ – початкова та кінцева концентрація розчину, що випарюється, %.

Скориставшись формулами 3 та 4, визначимо загальну кількість води, що випаровується

$$W = G_{\text{п}} \left(1 - \frac{x_{\text{п}}}{x_{\text{к}}} \right). \quad (5)$$

Кінцева концентрація розчину по корпусах визначається наступним чином

$$x_{\text{к}1-5} = \frac{G_{\text{п}}x_{\text{п}}}{G_{\text{к}} - W_{1-5}}. \quad (6)$$

Для зменшення витрат пари на технологічні потреби необхідно забезпечити скорочення сумарної кількості паровідборів із корпусів випарної установки (1). Але при цьому відповідно до формули (2) зменшиться кількість випареної води і знизиться концентрація отриманого сиропу (6), що спричинить збільшення витрати пари на уварювання утфелю у вакуум-апаратах. Для запобігання цього потрібно перерозподілити паровідбори з корпусів БВУ таким чином, щоб забезпечити випаровування необхідної кількості води із соку, що подається на БВУ.

Зокрема, до найбільш розповсюджених таких підходів, що використовуються при проектуванні та експлуатації БВУ, можна віднести:

1. Підвищення кратності випаровування у БВУ за рахунок перенесення паровідборів на «хвостові» корпуси випарної установки і збільшення числа корпусів у БВУ визначається формули (1).

2. Зменшення кількості води, яку необхідно випаровувати у ВУ, що визначається відповідно формули (5).

У цих підходах враховується ступінь впливу на зміну концентрації сиропу і на загальну ефективність використання тепла. Тому, із наведених вище наукових підходів до вирішення питань тепло-енергозбереження при випарюванні соку, можна запропонувати загальний спрощений алгоритм ефективного використання тепла при автоматизованому управлінні технологічним процесом випарювання у ВУ, який полягає у наступному:

- визначення теоретичної оптимальної необхідної кількості паровідборів за різних схем випарювання соку, що необхідно внести в АСУ відділення випаровування;
- внесення значення якісних та технологічних показників процесу випарювання у базу даних АСУ на вході та виході з ВУ (продуктивність

розчину, значення концентрації соку, температури, мутності та значення тиску і температури пари);

- на основі матеріального балансу розраховується необхідна загальна кількість випареної води з розчину, визначається концентрація розчину і кількість випареної води по корпусах ВУ;
- контролюючи значення витрати розчину в корпусах ВУ за допомогою витратомірів можна зробити аналіз, щодо відповідності теоретично отриманих та розрахованих значень витрати води і значень витрати розчину по корпусах ВУ;
- при отриманні різних значень витрат необхідно через АСУ здійснювати керування показниками пари (тиск та температура), що подається через заслінки на ВУ за рахунок зменшення чи збільшення цих показників відповідно до теоретично обґрунтованих розрахунками по теплозабезпеченню.

У підсистемі керування подачею пари на процес випарювання при використанні інтелектуальних систем управління ТП випарювання у складних системах, що працюють в умовах нестабільності та нестаціонарності протікання процесів випарювання, варто застосовувати зворотні зв'язки у системі керування. Зворотні схеми у системі управління дають можливість отримувати необхідні значення показників на виході з ВУ, що відповідають необхідним теоретичним показникам і здійснювати коригування вхідних показників. Це дає можливість отримати найбільш достовірні результати, що відповідають реальним умовам роботи ВУ.

Економічне обґрунтування теплоенергоєфективних режимів випарювання соку в ВУ проводиться на основі обсягів теоретично обґрунтованої витрати води, яку випарено з розчину, і об'ємів реально випареної води, що отримано у ході процесу випарювання.

За таблицею 1 витрата гріючої пари на 1-й корпус ВУ, при роботі ВУ за 1 год складає 31024 кг/год. При роботі ВУ у режимах, що перевищують оптимальні у 1,5 рази, витрата гріючої пари складе 46536 кг/год. Період роботи цукрового заводу в Україні у середньому складає 2 місяці. Тобто за два місяці роботи кількість пари, що подається на 1-й корпус ВУ, становить 44674560 кг, а при роботі ВУ на режимах, що не відповідають нормативним значенням, витрати пари будуть становити 6701840 кг.

Витрата природного газу на теплові потреби виробництва в умовах Кириківського заводу (чотирикорпусна випарна установка з концентратором) і Першого ім. Петровського заводу (п'ятикорпусна випарна установка з попереднім підігріванням соку у апаратах 4 корпусу) становить 100 тис.м³/добу. Але продуктивність першого складає лише 1,8 т буряку/добу, в той час як за другою схемою переробляється уже 3 тис. т буряку/добу. Загальна вартість спожитого за сезон цукроваріння природного газу становить 68,76 млн.грн.

Ціна на газ, відповідно прејскуранту на природний газ із ресурсів Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» на 1.02.2019 року з ПДВ становить 11460 грн. за 1000 м³. Отже, за використання традиційної схеми роботи БВУ вартість спожитого газу становить 716,25 грн/т буряку при використанні 62,5 м³/т буряку. Удосконалена схема роботи БВУ зменшує

витрату газу до 30,64 м³/т буряку, що відповідає витратам 351,13 грн/т буряку. Таким чином, за умов сучасних цін на природний газ в Україні, витрати в процесі виробництва цукру за умов використання тепло- та енергозберігаючих схем роботи БВУ знижуються на 365,12 грн/т буряку або на 51%.

Вартість використання природного газу у собівартості готової продукції протягом сезону зменшується з 4250 грн/т цукру до 2550 грн/т цукру при використанні енергоефективних схем роботи заводу.

Висновки. В результаті проведеного аналізу визначено підхід до вдосконалення основних схем ефективного випарювання, де враховуються всі найбільш значимі показники процесу випарювання. Встановлено найбільш прийнятні схеми випарювання соку у випарній установці. Розглянуто підхід щодо визначення ефективного забезпечення паром процесу, який побудовано на застосуванні матеріального балансу. Розглянуто основні якісні та технологічні показники, що мають місце в рівнянні матеріального балансу. Запропонована реалізація розглянутого алгоритму ефективного використання тепла при АСУ ТП випарювання у ВУ. Обґрунтована економічна ефективність запропонованого підходу до оптимізації використання тепла.

Список використаних джерел

1. Штангеев К. О. Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. Київ: ЮНІДО, 2015. 57 с.
2. Енергозбереження на цукрових заводах України / К.О. Штангеев, В.І. Христинко, Т.П. Василенко, С.М. Василенко // Цукор України. -2014, №2 (98). С.14-17.
3. Штангеев К. О. Теплообмінне обладнання (на прикладі бурякоцукрової галузі). Київ: ЮНІДО, 2015. 67 с.
4. Выбор автоматизированных режимов работы выпарной установки сахарного завода/ Ляшенко С.А., Фесенко А.М., Ляшенко А.С. //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків. Вип. 106, 2010. С.217-231.
5. Петриченко І.Б., Резніченко Ю.М. Інноваційні технології галузі: Курс лекцій для студентів спеціальності 7.05170111 «Технології цукру та полісахаридів» ден. та заочн. форм навч. К.: НУХТ, 2013. 123с.
6. Звіт про науково-дослідну роботу № 28-08-10Б «Екологічні аспекти контролю якості цукру у харчових виробництвах»/керівник теми Непочатих Т.А. ХДУХТ, 2010. 115 с. Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/zvit28-08-10b.pdf> (дата звернення: 12.01.2019)
7. Скорик К.Д. Вплив порушень технологічних режимів виробництва на якість цукру. Режим доступу:http://www.ipdo.kiev.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=433&Itemid=10&lang=uk(дата звернення:12.01.2019)
8. Хомічак Л. Солі кальцію та їх вплив на ефективність виробництва і якість цукру / Л.Хомічак, С.Василенко, В.Кухар. – Режим доступу: http://www.sugarconf.com/custom/files/ua_2014_03/111-115.pdf

9. Wenbo Na. Control system or continuous soaking processing sugar refinery. 2009 *International Conference on Information and Automation*, Zhuhai, Macau, 2009. С. 254-258. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5204931&isnumber=5204876> (дата звернення:20.01.2019)
10. Ладанюк А.П., Кишенкько В.Д., Школьна О.В. Управління випарною установкою в умовах невизначенності: інтелектуалізація прикладних функцій // Наукові праці НУХТ, 2015. Том 21. №6. С. 7-15.

Аннотация

РАЗРАБОТКА ПОДХОДАК ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫПАРНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ САХАРНЫМ ЗАВОДОМ

Ляшенко С.А., Фесенко А.М., Ляшенко А.С., Кись А.В.

В статье определены причины низкой теплоэнергоэффективности основного отделения сахарного завода, выпарного, обеспечивающего паром все производства завода. Рассмотрена энергоэффективность процесса выпаривания при использовании разных схем работы выпарных установок и определены перспективные подходы к решению этой проблемы. Предложен поход к усовершенствованию теплоэнергоэффективности процесса выпаривания, что позволяет определить оптимальные режимы работы выпарных установок в разных схемах работы.

Ключевые слова: *выпарная установка, теплоэнергоэффективность, технология, процесс, материальный баланс, модель, схема выпаривания.*

Abstract

THE APPROACH FOR DETERMINATION OF ENERGY EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY SAFE PATTERN OF EVAPORATOR WORK IN THE AUTOMATEDPROCESSCONTROLSYSTEMOF ASUGARMILL

Lyashenko S., Fesenko A., Lyashenko A., Kis A.

The article identifies the reasons for the low thermal and energy efficiency of an evaporator as the main branch of a sugar mill, which provides all the mill's branches with steam. The promising approaches have been identified to solve this problem. The approach to the improvement of termal and energy efficiency of the evaporation is proposed, which allows to determine the optimal operating patterns of the evaporators at different operating schemes.

Keywords: *anevaporator, energy efficiency, technology, process, materialbalance, model, evaporation pattern.*