

## Збільшення продуктивності сушильного відділення цукрового заводу в умовах обмеженого бюджету

*В.М. Шурбований, завідуючий лабораторії УкрНДЦП*

*О.В. Завірюха, технічний директор ТОВ «ТКС Сервіс», кандидат технічних наук*

*Г.Б. Осипенко, директор ТОВ «ТКС Сервіс»*

Приватизація цукрової галузі України і прихід на ринок приватних власників спричинили гостру необхідність в модернізації виробничих потужностей існуючих цукрових заводів. Перший етап модернізації цукрових заводів найчастіше мав за основну мету підвищення продуктивності підприємств в цілому за рахунок збільшення потужностей основного виробничого процесу, пов'язаного із зростанням кількості перероблюваної сировини, і збільшенням кількості виробленої продукції. При цьому, загальні процеси модернізації заводів рідко зачіпали глибоку модернізацію сушильно-охолоджувального відділення.

Підсумковим наслідком подібної модернізації ставало випереджаюче зростання переробної потужності заводів з проектних 2000-3000 тонн буряків на добу до 4000, 5000 і навіть 7000 тонн в порівнянні з ростом продуктивності існуючих сушильно-охолоджуючих комплексів. Кратне збільшення кількості перероблюваного буряку тут же виявило проблему забезпечення якісних параметрів готового продукту, в першу чергу пов'язаних з його вологістю і температурою, а також спричинило гостру необхідність в модернізації обладнання відділення сушки.

У загальному випадку, задача забезпечення необхідної якості цукру-піску по вологості і температурі з технічної точки зору не є особливо складною і давно вже вирішена. При цьому, в ситуації, що склалася на українських підприємствах, вирішення задачі забезпечення високої якості готового продукту в процесі його сушки і охолодження йшло по трьох основних напрямках:

1) забезпечення заводу сушильно-охолоджуючим обладнанням, продуктивність якого, з врахуванням кліматичних особливостей, відповідає продуктивності заводу в цілому. З технічної точки зору таке рішення є самим простим, надійним і правильним. На жаль, практична реалізація такого підходу передбачає кардинальну заміну практично всього обладнання відділення сушки і тягне за собою потребу в великих інвестиційних затратах;

2) модернізація діючого обладнання від-

ділення сушки, без використання додаткового технологічного устаткування. Найдешевший спосіб, орієнтований на те, щоб отримати максимум можливого з уже існуючого обладнання. У цьому напрямку пішла переважна більшість українських заводів. Детальніше про наслідки такої модернізації викладено нижче;

3) компромісний варіант модернізації, що передбачає максимальне використання можливостей існуючого обладнання з організацією двостадійного процесу сушки і охолодження з використанням на другій стадії додаткових охолоджуючих або сушильно-охолоджуючих апаратів.

На переважній більшості українських цукрових заводів базовим устаткуванням відділення сушки цукру були і залишаються барабанні сушильно-охолоджуючі установки, які мають розрахункову номінальну потужність, закладену ще при проектуванні заводу.

Основним шляхом модернізації таких установок до цих пір була спроба збільшення їх валової продуктивності при дотриманні мінімально можливої вологості і температури готового продукту в умовах завжди обмеженого бюджету. Оскільки заміна діючого сушильно-охолоджувального апарату, як правило, не передбачалася, то модернізація сушильного відділення на більшості українських цукрових заводів зводилася до модернізації або заміни допоміжного устаткування для забезпечення форсованого режиму роботи базового апарату шляхом:

- підвищення температури повітря, що подається в сушарку;

- збільшення кількості повітря, що подається в сушильно-охолоджуючу установку до максимуму можливого за умовами виносу частини продукту з апарату;

- збільшення часу перебування продукту в сушильно-охолоджуючих установках за рахунок збільшення його рівня, допустимого за умовами механічної міцності апарату.

Роботи, що проводились в такому напрямку по модернізації відділення сушки давали, звичайно, певний результат, але побічним ефектом ставало, як правило, погіршення якості готового продукту за рахунок:

- підвищення вологості готового продукту;
- підвищення температури готового продукту;
- підвищення стирання матеріалу;
- збільшення кількості матеріалу, який виноситься з сушильно-охолоджуючої установки.

Основною причиною погіршення якості готового продукту при форсуванні режиму роботи сушарки була і залишається неможливість необхідним чином врахувати фактор часу, який грає істотну роль в процесі сушки і охолодження цукру.

На початковому етапі проектування заводу в проект сушильного відділення цукрового заводу закладався час знаходження продукту в сушильно-охолоджуючій установці на рівні 200-220 с в номінальному режимі роботи. Після модернізації основної технології виробництва цукру і збільшення продуктивності заводу в 1,5-2 рази, в порівнянні з проектною, час знаходження продукту в сушильно-охолоджуючій установці зменшується, відповідно, до 100-110 с зі всіма наслідками, які з цього витікають.

Слід зауважити, що досягнення високої якості готового продукту і забезпечення оптимального процесу сушки цукру неможливе без ретельного врахування процесів тепло- і масопереносу, що відбуваються при його сушці і охолодженні. У загальному вигляді якісні процеси зміни параметрів цукру в ході його сушки і охолодження представлені на **рис. 1** і **рис. 2**. Усереднені типові графіки кінетики сушки цукру-піску при різній температурі гріючого повітря і різній продуктивності представлені *кривими 1 і 2* на **рис. 1**. Відповідні їм графіки зміни темпе-

ратури продукту представлені на **рис. 2** *кривими 3 і 4*.

При проектній потужності заводу, барабанні сушильно-охолоджуючі установки дозволяють сушити цукор до вологості 0,04-0,06% при його температурі на виході з такої установки 32-35 °С (залежно від погодних умов). У номінальному режимі роботи, цього стану продукт досягає в точці «А» на *кривій 1*.

Збільшення продуктивності установки, скажімо, в 2 рази, в порівнянні з проектною, без зміни режиму її роботи, спричиняє за собою зменшення часу знаходження продукту в апараті також в 2 рази і продукт перейде в стан, в якому його вологість збільшиться до 0,09-0,12%, а температура - до 53-55 °С (точка «Б» на **рис. 1**).

Зрозуміло, що такі вологість і температура готового продукту є недопустимими, особливо при силосному зберіганні, тому доводиться вживати заходи по виправленню ситуації.

Оскільки час знаходження продукту в сушильно-охолоджуючому апараті залежить від його геометрії і не може бути істотно змінений без загрози пошкодження апарату, то понизити вологість продукту при подвоєній продуктивності можна лише за рахунок форсування процесу сушки шляхом збільшення і температури гріючого повітря і його кількості. Таке рішення дає певний ефект. Графік кінетики сушки продукту при збільшенні температури гріючого повітря зміщується в напрямку підвищення швидкості сушки (*крива 2*). Стан матеріалу переміщається в точку «В», з во-

Кінетика сушки цукру

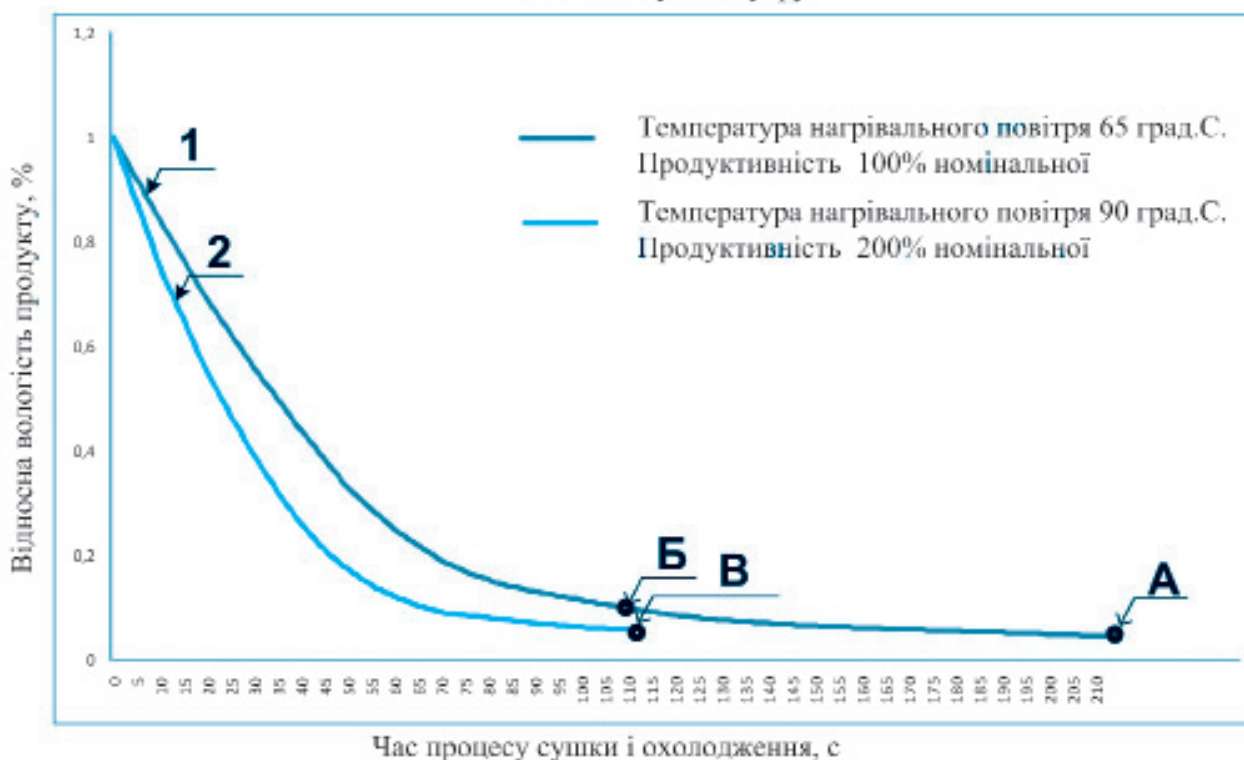


Рис.1. Кінетика сушки процесу



*Рис.2. Зміна температури цукру в процесі сушки і охолодження*

логістю 0,05-0,06%. Правда, при цьому температура готового продукту підвищується до 42-45 °С, а в теплу пору року, на початку сезону, нерідко досягає 50-55 °С і більше, що створює серйозні труднощі при зберіганні такого продукту. Остання обставина іноді змушує менеджмент підприємств затягувати початок сезону переробки буряків.

Таким чином, вже стало зрозумілим, що потенціал модернізації сушильних відділень цукрових заводів, орієнтований на форсування технологічних режимів роботи існуючого обладнання, себе вичерпав.

Подальше підвищення продуктивності заводу за умовами роботи відділення сушки і охолодження готового продукту без істотних інвестиційних витрат можливо лише на основі компромісного рішення, що передбачає сушку цукру в два етапи з максимальним використанням можливостей існуючих барабанних сушильно-охолоджуючих апаратів і їх допоміжного устаткування, а також використанням додаткових охолоджуючих або сушильно-охолоджуючих апаратів.

Останнім часом на ринку сушильно-охолоджуючого обладнання для цукру все частіше пропонуються апарати з псевдозрідженим шаром. Основною властивістю технологій псевдозрідженого шару є дуже велика поверхня тепло- і масообміну, яка створюється в такому шарі, і яка недосяжна в апаратах іншого типу. Остання обставина дозволяє побудувати апарати, які здатні вести процеси сушки, се-

парації і охолодження цукру в щадному режимі з високою якістю, мають велику одиничну продуктивність і які повною мірою дозволяють врахувати всі існуючі чинники процесу сушки-охолодження.

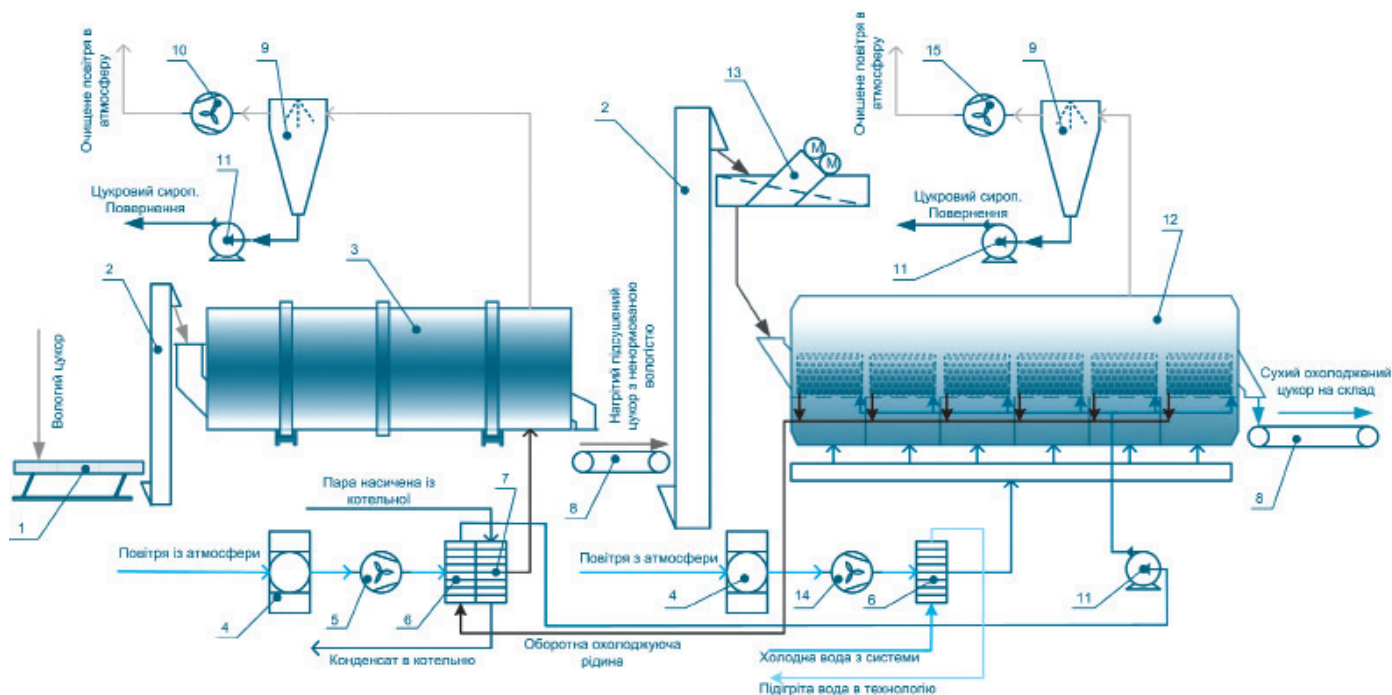
Разом з тим, технології псевдозрідженого шару добре працюють лише там і тоді, де їх застосування можливе і доцільне.

Статичні апарати з псевдозрідженим шаром непридатні для сушки цукру-піску, який має відносну вологість більше 0,5-0,6%. Саме цією обставиною обумовлені в цілому невдалі спроби ефективного використання на практиці апаратів СПС-20 розробки ВНДІСП і їх модифікацій. При цьому, спроби модернізації цих апаратів, що проводились в заводських умовах шляхом установки різного роду механічних мішалок, побуджувачів і розрихлювачів особливого ефекту не дали. Створити стабільний псевдозріджений шар продукту з вологістю 0,8-0,9% не вдавалось. Особливо значні проблеми виникали в зоні завантаження вологого матеріалу.

У той же час, правильне використання технологій псевдозрідженого шару дозволяє:

- побудувати гнучку структуру сушильно-охолоджуючого комплексу, який дозволяє отримувати продукт з високою якістю;
- значно знизити вимоги до матеріалу, що подається на сушку, по вологості і вмісту пилоподібних часток;
- максимально використати наявне обладнання;
- з максимальним ефектом використати на-





**Рис. 3.** Структурна схема відділення сушки з охолоджуючим (сушильно-охолоджуючим) апаратом з псевдозрідженим шаром з теплообмінними поверхнями: 1- транспортер вібраційний, 2 – елеватор ковшовий, 3 – існуюча барабанна сушарка, 4-повітряний фільтр; 5 – існуючий нагнітаючий вентилятор барабанної сушарки, 6 – водоповітряний теплообмінник; 7 – пароповітряний теплообмінник, 7 – стрічковий транспортер, 9 – мокрий скруббер, 10 – існуючий витяжний вентилятор барабанної сушарки; 11 – відцентрові насоси, 12 охолоджуючий (сушильно-охолоджуючий) апарат з псевдозрідженим шаром і теплообмінними поверхнями, 13 – ситовий сепаратор, 14 – нагнітаючий вентилятор апарата з псевдозрідженим шаром, 15 – витяжний вентилятор апарата з псевдозрідженим шаром.

явні виробничі площі;

- виключити вплив людського фактору на технологічні процеси;

- істотно понизити вплив чинників навколишнього середовища;

- максимально використати в технологічному процесі вторинне тепло, включаючи тепло самого продукту, а також властивості охолоджуючої технічної води;

- мінімізувати загальні витрати на модернізацію.

Таким чином, на нашу думку, оптимальним рішенням для діючих цукрових заводів, на яких:

- вже проведена, проводиться або передбачається модернізація по збільшенню продуктивності основного виробництва,

- існують базові сушильно-охолоджуючі установки по сушці і охолодженню цукру;

- наявні проблеми з вільними виробничими площами,

- відсутні необхідні ресурси для кардинального оновлення обладнання відділення сушки, є використання статичних апаратів з псевдозрідженим шаром з теплообмінними поверхнями, які мають бути встановлені після існуючих сушильно-охолоджуючих апаратів.

Структура відділення сушки для такого випадку представлена на рис. 3.

Реалізація запропонованої на **рис. 3** схеми сушильно-охолоджуючого відділення дозволить:

- істотно знизити вимоги до вологості і тем-

ператури продукту на виході з існуючого барабанного сушильно-охолоджуючого апарату. При необхідності, можна відмовитися від його роботи в режимі охолодження, істотно підвищивши, тим самим, пропускну спроможність і продуктивність. Допустима вологість продукту на виході з такого апарату може досягати 0,2-0,3% при температурі до 60 °С і більше;

- отримати вологість готового продукту на виході з охолоджувача на рівні 0,015-0,03% при його температурі 25-27 °С на початку сезону і 20-22 °С в кінці сезону;

- забезпечити, при необхідності, два режими роботи охолоджувача з псевдозрідженим шаром:

- режим з активною сушкою продукту;
- режим лише охолодження продукту;

- забезпечити контрольовану сепарацію вхідного матеріалу, видаливши з нього дрібні і пилоподібні частки;

- забезпечити щадний з механічної точки зору режим сушки і охолодження, що мінімізує руйнування кристалів продукту;

- використати повітроочисне устаткування мінімальних габаритів.

Слід зауважити, що, окрім сушильно-охолоджуючих апарату киплячого шару з теплообмінними поверхнями, можливо також використання статичних апаратів з псевдозрідженим шаром без теплообмінних поверхонь, основною перевагою яких є менша вага і вартість.

## ІННОВАЦІЇ&ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Недоліком таких апаратів є більша потреба в технологічному повітрі, і, як наслідок, більші габарити як самих апаратів, так і допоміжного очисного обладнання.

Окремо хотілося б дати коротку оцінку статичних вертикальних охолоджувачів цукру з вільно-падаючим потоком продукту. Такі апарати пропонують компанії Solex Thermal Science Inc, BMA Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG та інші.

Безперечною перевагою таких апаратів є відносно невелика маса, габарити і займана площа, висока питома продуктивність, а також низькі питомі витрати електроенергії на процес охолодження.

При цьому, як завжди і буває, недоліки таких апаратів є продовженням їх переваг.

Головний недолік – загроза появи конденсату на холодних поверхнях охолодження при переробці перезволоженого продукту, що має вологість більше 0,04%. Іншими словами, їх можна використовувати лише тоді, коли є повна впевненість в тому, що вологість матеріалу, що подається в них, не перевищує 0,03-0,04%.

Крім того, принцип дії подібних апаратів і їх конструктивні особливості викликають сумнів у можливості організації в таких апаратах повноцінного псевдозрідженого шару через фізичні властивості самого продукту. Розрахунки показують, що створення псевдозрідженого шару цукрового піску висотою 5-7 метрів (у нерухомому стані) потребує наступних параметрів нагнітаючої машини:

- витрати технологічного повітря – до 9000 м<sup>3</sup>/ч;
- тиск технологічного повітря – до 80 000 Па;
- встановлена потужність електроприводу – до 200 кВт.

У той же час, очевидно, можлива організація

часткового псевдозрідженого шару у верхній частині вертикального охолоджуючого апарату, який дозволив би забезпечити його стійку працездатність за рахунок сушки продукту, що поступає з підвищеною вологістю. Проте подібного роду доробка багато в чому нівелює первинні переваги апаратів і збільшує і так немалу їх вартість.

На сьогоднішній день ТОВ «ТКС Сервіс» розробляє, виготовляє в Україні і пропонує своїм замовникам сушильні і сушильно-охолоджуючі апарати із стаціонарним псевдозрідженим шаром з теплообмінними поверхнями і без них, апарати з вертикальним вільно-падаючим потоком, а також апарати з віброкиплячим шаром продуктивністю 20-50 т/ч по готовому продукту. Можемо виконати весь комплекс робіт, а також адаптувати типові устаткування під особливі вимоги і умови замовника.

### Наші координати:

+38044-495-77-14,  
+38044-495-77-14,  
+36067-448-19-61,  
[www.tksservis.com](http://www.tksservis.com)

### Список використаних джерел

1. А.Ф.Заборсин, А.А. Дмитрюк. Сушка и охлаждение сахара-песка в псевдооживленном слое. М: Пищевая промышленность, 1979.
2. М.Я. Азрилев. Технологическое оборудование свеклосахарных заводов. М : Агропромиздат, 1986.
3. Х. Хафеман, Х. Грибель. Сушка и охлаждение сахара с учетом специфических требований и условия окружающей среды. Ж : Сахар и свекла. №1, 2013 – с. 20-25.

## ЦІКАВІ НОВИНИ

### В майбутньому акумулятори зможуть працювати на цукрі

Група вчених з Політехнічного інституту американського штату Вірджинія заявила про те, що знайшла несподіваний поворот у темі розробки більш ефективних і енергоємних акумуляторів. Вчені пропонують використовувати як енергоносії звичайний цукор.

Вчені використовували спеціальний набір ферментів, щоб піддати окисленню глюкозу, що міститься в цукрі. У результаті ряду експериментів біохіміки дійшли висновку, що в акумуляторі нового типу цілком можлива хімічна реакція, в ході якої цукор розкладається на воду, вуглекислий газ і власне електрику.

Згідно з розрахунками, такий цукровий біо-акумулятор в теорії здатний забезпечити щільність зберігання енергії до 596 ампер-годин на кілограм, тоді як нинішні літій-іонні батареї демонструють помітно нижчі результати - 42 ампер-годин на кілограм.

Крім того, керівник дослідницької групи заявив, що батарея нового типу може мати в 10 разів більший термін життя, дешевша у виробництві, позбавлена від ризику самозаймання та екологічно чиста. Тим не менш, вуглекислий газ, згідно з заявою вчених, в ході реакції все ж виділяється.

Чи отримає придумана біохіміками технологія якийсь подальший розвиток, поки не уточнюється.