

Теплотехнічні та технологічні резерви продуктового відділення

К.О. Штангеев, кандидат технічних наук, завідувач кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій.

К.Д. Скорик, кандидат технічних наук, професор кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій.

В.О. Штангеев, доктор технічних наук, професор кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування Національного університету харчових технологій.

В.М. Кухар, генеральний директор фірми ТМА.

18

Розглянуто взаємозв'язок технологічних та теплотехнічних параметрів роботи продуктового відділення цукрового заводу, а також перспективних заходів для їх подальшого удосконалення.

Рассмотрена взаимосвязь технологических и теплотехнических параметров работы продуктового отделения сахарного завода, а также перспективных мероприятий по их дальнейшему усовершенствованию.

The interrelation was analyzed of technological and thermal operational parameters sugar house of a sugar factory, as well as promising measures for their further improvement.

При дотриманні нормативної величини відкачки дифузійного соку (110-115% до маси буряків) найбільші резерви економії пари на технологічні потреби знаходяться в продуктовому відділенні. Набір енергозберігаючих заходів досить широкий, причому їх особливість полягає в тому, що вони маючи теплотехнічний характер, тісно пов'язані з технологічними показниками – виходом та якістю цукру.

Найбільш вагомим технологічним чинником економії пари є підвищення концентрації сиропу та клеровки (рис. 1). При збільшенні концентрації сиропу витрати пари на уварювання утфелю I кристалізації суттєво зменшуються. Але при певній концентрації сиропу з клеровкою уварювання утфелю без збільшення водяних та сокових підкачок для розчинення «муки» стає неможливим.

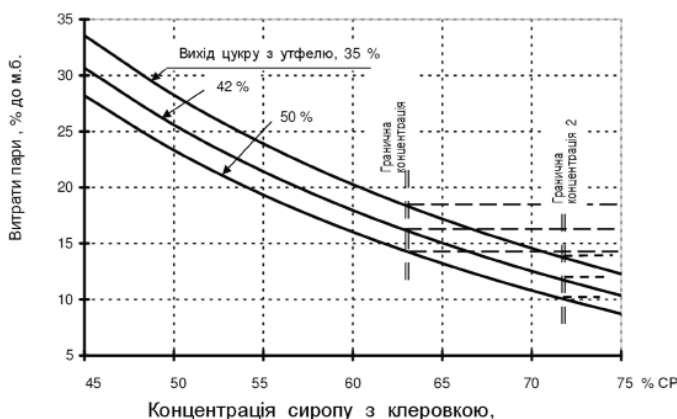


Рис. 1. Витрати пари (в % до м.б.) в залежності від концентрації сиропу з клеровкою та виходу цукру із звареного утфелю

Це призводить до того, що витрати пари на уварювання утфелю із зростанням концентрації сиропу з клеровкою вже не зменшуються, а іноді можуть навіть збільшуватись.

Величина такої граничної концентрації сиропу з клеровкою є індивідуальною для кожного заводу і залежить як від технічних параметрів – конструкції вакуум-апаратів, рівня їх автоматизації, так і від людського фактору – освіти та кваліфікації апаратників, їхнього вміння та зацікавленості варити утфель із сиропів підвищеної концентрації.

Для заводів, укомплектованих вакуум-апаратами з природною циркуляцією утфелю і без сучасної автоматики, гранична концентрація сиропу становить, знаходиться в межах, 62-65% СР. Для цукрових заводів із більш сучасною технічною базою гранична концентрація сиропу може досягати 70-75% СР (гранична концентрація 2).

При концентрації сиропу понад 65-68% СР виникають проблеми з фільтруванням та уварюванням, що вимагає впровадження сучасних фільтрів та вакуум-апаратів, а також високоефективних систем автоматизованого уварювання утфелю.

Впровадження таких заходів вимагає досить значних капіталовкладень, але технологічна ефективність – збільшення виходу цукру та покращення його якості, а також економія паливно-енергетичних ресурсів забезпечують швидку окупність таких витрат.

В продуктовому відділенні значний ефект по економії ПЕР може бути отриманий також за рахунок впровадження організаційно-технічних за-

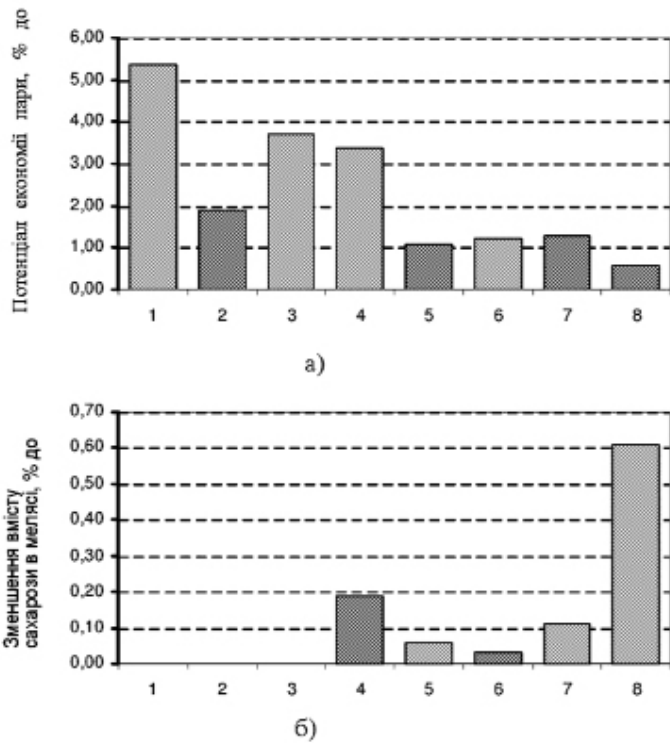


Рис. 2. Потенціал економії витрат пари в продуктовому відділенні (а) та зменшення вмісту сахарози в мелясі (б)

- 1 – підвищення концентрації сиропу (з 55% до 65% СР)
- 2 – підвищення концентрації клеровки (з 55% до 65% СР)
- 3 – ліквідація водяних або сокових розкачок;
- 4 – підвищення густини звареного утфелю 1-ї кристалізації;
- 5 – зменшення температури варки утфелю;
- 6 – відведення пропарки вакуум-апаратів;
- 7 – зменшення витрат води на пробілювання цукру;
- 8 – підвищення чистоти сиропу.

ходів, по підвищенню виходу цукру із звареного утфелю (рис. 2). В умовах вітчизняних цукрових заводів його величина становить 33-52% до маси звареного утфелю.

Важливо підкреслити, щодо заходи по підвищення виходу цукру із звареного утфелю одночасно зменшують як вміст сахарози в мелясі (рис. 2, б), так і витрати пари на уварювання утфелю, тобто вони одночасно є технологічними і теплотехнічними. Витрати на їх впровадження окупаються одночасно як за рахунок збільшення виходу цукру, так і економії палива. Ці заходи можуть доповнювати комплекс робіт по підвищенню концентрації сиропу з клеровкою.

Таким чином, на перших етапах впровадження енергозберігаючих заходів найбільш доцільно зосередитися на впровадженні енергозберігаючих заходів комплексного характеру, які мають високу ефективність. Так, збільшення концентрації сиропу та клеровки з 55 до 65% СР зменшує витрати пари на технологічні потреби на 6,5% до маси буряків (див. рис. 1), що еквівалентно витратам па-

лива на виробництво електричної енергії, яка споживається заводом, або на отримання вапна. При досягненні концентрацій сиропу близьких до граничних необхідно ширше впроваджувати енергозберігаючі заходи, які створюють потенціал економії пари. Одночасно потрібно впроваджувати компенсуючі заходи, що дозволить підвищити їх ефективність за рахунок повної реалізації створеного ними потенціалу економії.

В основі удосконалення технологічних та теплотехнічних процесів в продуктовому відділенні є інтенсифікація процесу кристалізації цукру за рахунок механічного або гідродинамічного підсилення циркуляції. За певних умов, підсилення циркуляції утфелю дозволяє застосовувати гріючу пару більш низького потенціалу, зменшити сокові або водяні розкачки, поліпшити кість цукру та скоротити час варки до 15-20% [2, 3].

У продуктовому відділенні є також значні резерви по використанню вторинних джерел теплоти – це утфельна пара та теплота конденсатів. Оскільки утфельна пара має низьку температуру (55-60 °С) її можливо використовувати для нагрівання продуктів з низькою початковою температурою. Найбільш широко вона може використовуватися для нагрівання дифузійного соку.

Теплота конденсатів може застосовуватися для нагрівання сиропу та відтоків у продуктовому відділенні та на нагрівання повітря в сушарці цукру.

Оскільки сироп та відтоки мають високу в'язкість, то застосування для їх нагрівання в продуктовому відділенні теплообмінників з «манесманівськими» теплообмінними трубками (труби Ø 30/33 мм) є не ефективним, більш ефективними для цього є пластинчаті теплообмінники. Крім того, враховуючи значну нерівномірність потоку, слід застосовувати рециркуляцію продукту.

Застосування конденсатів в якості теплоносія в продуктовому відділенні дозволяє зменшити витрати пари на технологічні потреби цукрового заводу на 1,5-2% до маси буряків (еквівалентне зменшенню питомих витрат природного газу на 1,3-1,7 м³/тонн буряків).

Вакуум-апарати першої кристалізації є най-

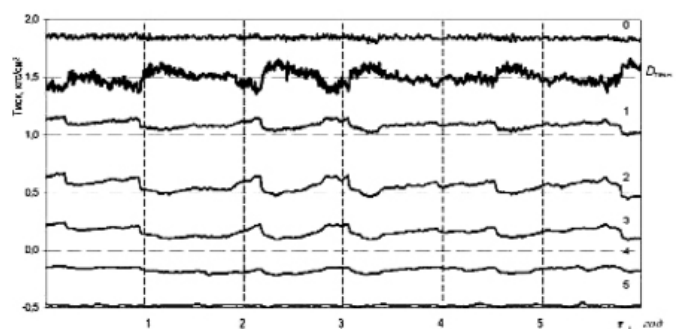


Рис. 3. Зміна тиску по корпусам ВУ та витрати пари на технологічні потреби (Dтехн – масштаб змінено). 0 – тиск пари із ТЕЦ; 1...5 тиск вторинної пари відповідного корпусу ВУ.

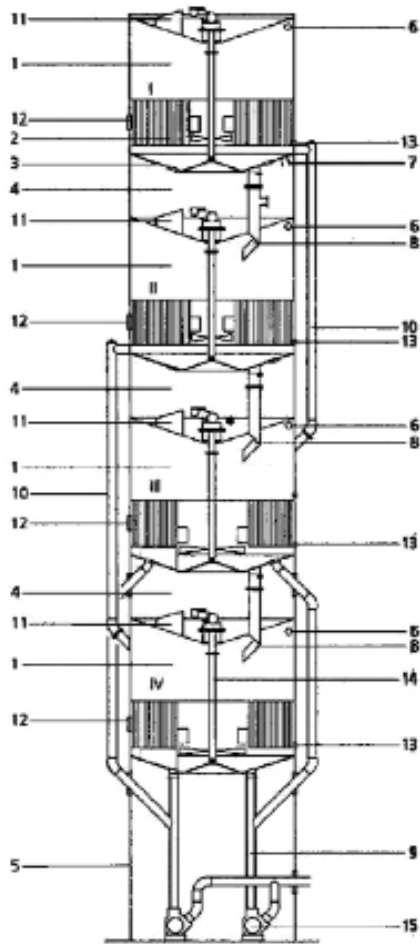


Рис. 4. Вакуум-апарат безперервної дії типу VKT. 1 – паровий простір; 2 – грійоча камера; 3 – проміжна днище; 4 – проміжна секція, 5 – нижня секція; 6 – подача сиропу; 7 – подача маточного утфелю; 8 – переток утфелю; 9 – спуск утфелю; 10 – байпас; 11 – вихід утфельної пари; 12 – грійоча пара; 13 – конденсат; 14 – циркулятори; 15 – утфельні насоси.

більшим споживачем пари із випарної установки. Вітчизняні цукрові заводи оснащені вакуум-

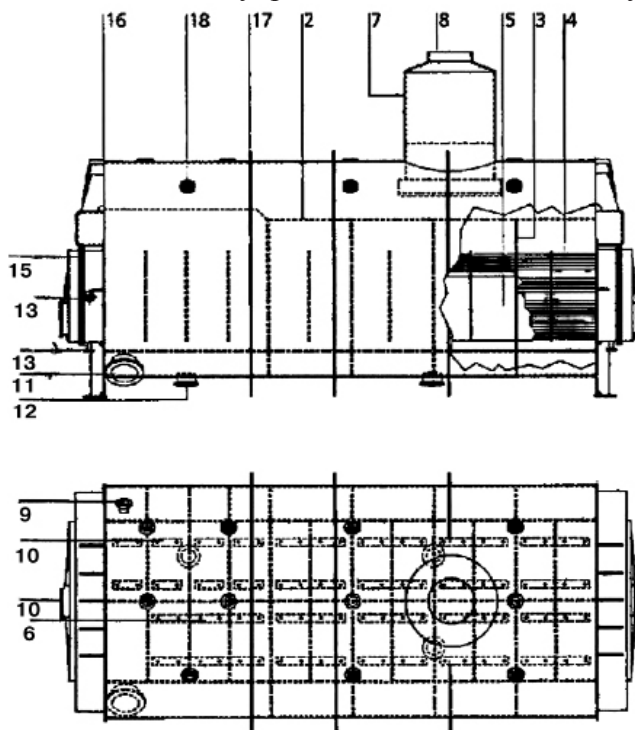


Рис. 5. Вакуум-апарат безперервної дії фірми Фів-Кай (Франція). 1 – корпус; 2 – продовжня перегородка; 3 – поперечна перегородка; 4 – пучок труб; 5 – щит; 6 – вхід грійочної пари; 7 – сепаратор вторинної (утфельної) пари; 8 – вихід утфельної пари; 9 – подача маточного утфелю; 10 – підкачка сиропом; 11 – вихід утфелю; 12 – конденсат; 13, 14 – циркулятори; 15 – парова камера; 16 – бокова стінка; 17 – ребра жорсткості; 18 – оглядові вікна.

апаратами періодичної дії з дуже нерівномірним споживанням пари, яке може в процесі варки змінюватися в 4-5 разів. Це призводить до значного збурення роботи всіх корпусів випарної установки (рис. 3) та порушень в роботі всього теплового господарства цукрового заводу. Включення в роботу вакуум-апаратів може спровокувати подачу води в збірник соку перед випарною установкою з відповідними перевитратами пари на технологічні потреби.

В зв'язку з цим перспективним виглядає застосування вакуум-апаратів безперервної дії. Дослідженнями в галузі проводилися в КТІХП, ВНДЦП, МТІХП та інших організаціях. Вакуум-апарати безперервної дії застосовуються на ряді закордонних цукрових заводів (рис. 4 і 5) [4], є досвід їх застосування на цукровому заводі в Лісках та Ольховатці (РФ), планується їх впровадження на цукрових заводах Білорусі.

Впровадження вакуум-апаратів безперервної дії дозволяє стабілізувати роботу всієї теплотехнологічної схеми цукрового заводу та також ліквідувати негативний вплив ривків споживання пари у ТЕЦ.

Фірмою Фів-Кай виконано порівняння ефективності застосування вакуум-апаратів безперервної дії (ВАБД) та вакуум-апаратів періодичної дії (ВАПД) за умов цукрового заводу по переробці цукрової тростини потужністю 12000 т/добу [5]:

Мається також досвід (для 2 і 3 продуктів) створення вакуум-апарату безперервної дії як каскаду із вакуум-апаратів періодичної дії (рис. 6).

Такий варіант реконструкції продуктового відділення цілком можливий на існуючих продуктових відділеннях цукрових заводів. Він забезпечує поліпшення теплотехнічних показників за рахунок безперервної варки та підтримання більш низьких рівнів утфелю в вакуум-апаратах.

Показник	ВАБД	ВАПД	Різниця, %
Маса обладнання, тонн	712	1087	-34
Споживання електроенергії, кВт	8172	8574	-5
Споживання пари, кг/т тростини	365	400	-9

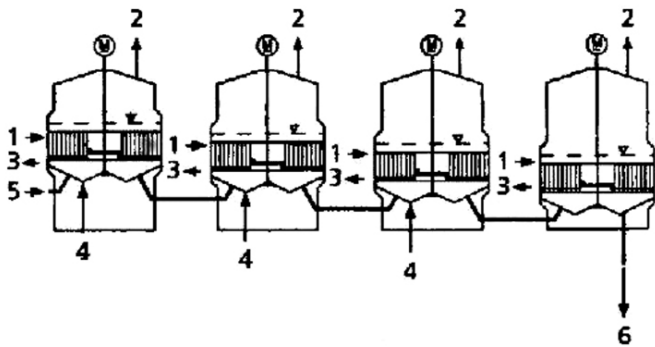


Рис. 6. Каскад вакуум-апаратів періодичної дії в якості вакуум-апарату безперервної дії.
1 – гріюча пара; 2 – утфельна пара; 3 – конденсат;
4 – підкачки; 5 – маточний утфель.

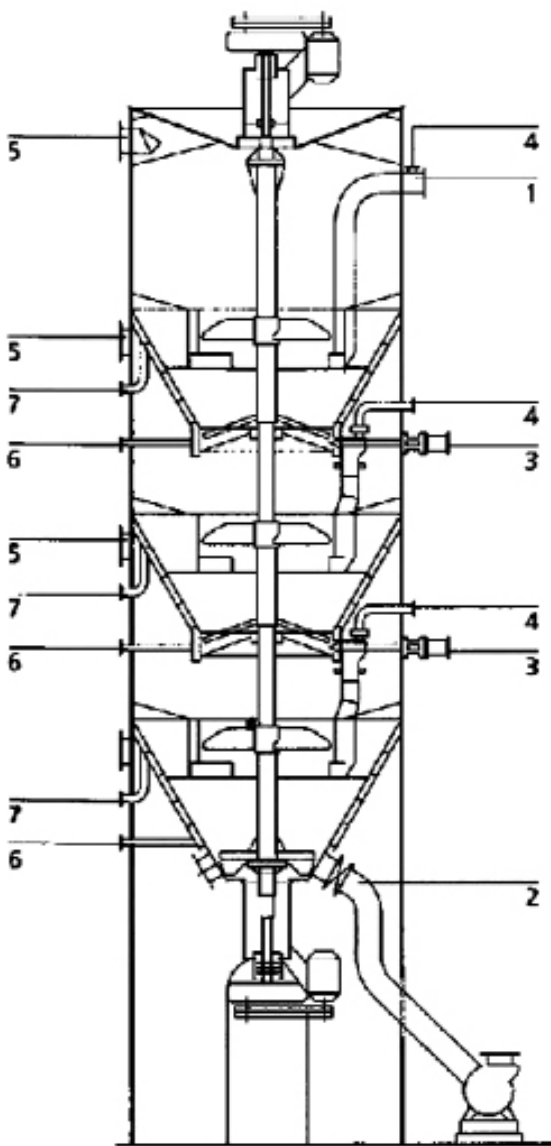


Рис. 7. Апарат для додаткової вакуумної кристалізації типу МЕТ. 1 – подача утфелю із вакуум-апаратів; 2 – вихід обробленого утфелю; 3 – клапани перепуску утфелю; 4 – підкачка сиропом або відтоками; 5 – вихід пари самовипаровування; 6, 7 – подача та вихід охолоджуючої води.

Подальше зменшення витрат пари на технологічні потреби продуктового відділення можливо за рахунок використання додаткової вакуумної кристалізації утфелю. Суть її полягає у використанні фізичної теплоти звареного утфелю та теплоти кристалізації цукру (рис. 7). При реалізації цього процесу відбувається кристалізація як за рахунок випаровування частини води, так і за рахунок ефективного охолодження утфелю, перш за все міжкристального розчину. За рахунок цього досягається суттєве підвищення виходу цукру із звареного утфелю та зменшення витрат гріючої пари на процес кристалізації цукру.

Зварений утфель надходить у вакуумну мішалку в якій поступово підвищується розрідження і відбувається охолодження утфелю за рахунок самовипаровування з нього води, а також частково за рахунок охолодження водою. Дослідження, проведені на Яготинському експериментальному цукровому заводі показали, що застосування цього методу дозволяє на 5-7 процентних пунктів збільшити вихід кристалів із звареного утфелю та на 10-15% зменшити витрати пари на уварювання утфелю першої кристалізації.

Таким чином, в продуктовому відділенні цукрового заводу мають значні резерви підвищення технологічного рівня та теплотехнічної досконалості виробництва цукру. Ряд заходів вже набувають широкого впровадження в цукровій галузі України, але мається значна кількість розробок, які ще не набували впровадження і можуть бути перспективними.

Список використаних джерел

1. Штангеев К.О. Рационализация теплового хозяйства цукрових заводів / Київ : ПДО НУХТ, 2006. – 86 с.
2. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Часть 2. // В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий и др. / – Киев : Цукор України, 2004. – 320 с.
3. Скорик К.Д. Промислова кристалізація цукру. Навчальний посібник. / Київ. ТОВ «Сталь». 2004. – 202 с.
4. Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture. // P.W. van der Poel, H. Schiweck, T. Schwartz and other // Berlin: 1998/1097 p. Materialu фірми Fives Cail <http://sugar-bio-energy.fivesgroup.com/equipment/crystallisation/cail-continuous-vacuum-pan.html>.