

Інтенсифікації процесу підготовки утфелю останньої кристалізації до центрифугування шляхом електронагріву

Ю.М. Журбицький, кандидат технічних наук, керівник теплотехнічного відділу
ТОВ Науково-виробниче підприємство «Енерготехнологія»

В.О. Бойко, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики та холодильної техніки
Національного університету харчових технологій

В.А. Мельник, директор ТОВ Науково-виробниче підприємство «Енерготехнологія»

М.О. Прядко, доктор технічних наук, професор кафедри теплоенергетики та холодильної техніки
Національного університету харчових технологій

Л. М. Хомічак, доктор технічних наук, член-кор. НААН України, заступник директора з наукової
роботи Інституту продовольчих ресурсів НААН України

М.Ф. Калініченко, директор ПП «Європацукор»

С.П. Баскевич, заступник директора з виробництва ПП «Європацукор»

Т.А. Суховій, головний технолог ТОВ «Краєвид»

Наведені переваги інтенсифікації процесу підготовки утфелю останньої кристалізації до центрифугування шляхом електричного нагріву.

Ключові слова: інтенсифікація, нагрівання утфелю, міжкристальний розчин, центрифугування, електричне нагрівання.

Приведены преимущества интенсификации процесса подготовки утфеля последней кристаллизации к центрифугированию путем электрического нагрева.

Ключевые слова: интенсификация, нагрев утфеля, межкристальный раствор, центрифугирование, электрический нагрев.

Presented advantages of the intensification of the preparing the massecuite of low-raw (C) crystallisation by electric heating before centrifugation

Keywords: intensification, heating massecuite, mother liquor, centrifugation, electric heating.

Важливим резервом збільшення ефективності бурякоцукрового виробництва та якості цукру є удосконалення технологічних процесів в продуктовому відділенні, зокрема розробка раціональних способів та обладнання для підготовки утфелю останньої кристалізації до центрифугування, що дозволяють збільшити вихід цукру та зменшити його вміст у мелясі.

На цукрових заводах підготовка утфелю до центрифугування часто не проводиться. За рахунок цього збільшується час центрифугування та витрата електроенергії, знижується якість цукру, зростає вміст його в мелясі. Зниження вмісту цукру в мелясі – один із шляхів отримання додаткового виходу цукру.

Перспективним напрямком рішення цієї проблеми є інтенсифікація процесу підготовки утфелю останньої кристалізації до центрифугування шляхом електричного нагрівання струмом промислової частоти [1,2].

Інтенсифікацію процесу підготовки утфелю останньої кристалізації до центрифугування необхідно проводити як у мішалках-кристалізаторах, так і безпосередньо перед центрифугуванням.

Для глибокого виснаження меляси і підвищення виходу цукру запропонований швидкий електронагрів утфелю останньої кристалізації, що відбувається в електричному нагрівачі електродного типу (ЕНЕТ). При контактному нагріванні електроди виконують лише функцію підводу струму до утфелю, що нагрівається, і самі струмом практично не нагріваються. Утфель знаходиться між електродами і нагрівається електричним струмом, що протікає по утфелю від електроду до електроду. Тут відбувається прямий нагрів – сам утфель є середовищем, в якому електрична енергія перетворюється в теплову.

Обладнання встановлюється безпосередньо біля центрифуги. Якщо утфель швидко нагріти в електричному полі, то підвищиться лише температура міжкристального розчину на 10-15 °С. Самі кристали цукрози з електричним полем не взаємодіють і тому не нагріваються. В'язкість утфелю при цьому знижується в 1,5-5 разів. Якщо утфель швидко профугувати, то розігрітий міжкристальний розчин не встигне підрозчинити кристали.

Промислові випробування ЕНЕТ були проведені на Долинському цукровому заводі, що пра-

Таблиця 1

Кількість звареного та профугованого утфелю, тонн

| Зміна | Контрольна лінія | | | Експериментальна лінія | | |
|-------|------------------|-------------|-----------------------------------|------------------------|-------------|-----------------------------------|
| | Зварено | Профугувано | Кількість задіяних центрифуг, шт. | Зварено | Профугувано | Кількість задіяних центрифуг, шт. |
| II | 168,0 | 151,9 | 8 | 154,0 | 102,6 | 5 |
| III | 162,3 | 105,3 | 8 | 84,0 | 119,4 | 5 |
| I | 78,3 | 107,2 | 8 | 156,6 | 131,2 | 5 |
| II | 84,0 | 96,9 | 8 | 84,0 | 100,8 | 5 |
| III | 162,3 | 142,0 | 8 | 84,0 | 112,3 | 5 |
| I | 81,1 | 107,8 | 8 | 156,6 | 119,4 | 5 |
| II | 168,0 | 124,0 | 8 | 84,0 | 116,3 | 5 |
| III | 84,0 | 117,2 | 8 | 173,4 | 129,7 | 5 |
| Разом | 988,0 | 952,5 | | 976,6 | 931,7 | |

Таблиця 2

Якісні показники жовтого цукру

| Контрольна лінія | | Експериментальна лінія | |
|------------------|-------|------------------------|-------|
| CP, % | Дб, % | CP, % | Дб, % |
| 95,2 | 92,2 | 96,2 | 93,5 |
| 96,0 | 92,4 | 96,4 | 93,6 |
| 95,8 | 92,4 | 96,5 | 93,8 |
| 96,3 | 92,6 | 96,5 | 93,8 |
| 96,2 | 92,4 | 96,3 | 93,4 |
| 95,8 | 92,3 | 96,2 | 93,6 |
| 95,9 | 92,1 | 96,1 | 92,9 |
| 95,6 | 92,2 | 96,3 | 93,0 |
| Середнє | 95,85 | 92,33 | 96,30 |
| | | | 93,45 |

цював по трьохпродуктовій технологічній схемі і мав дві паралельно працюючі лінії варки та кристалізації утфелів останньої кристалізації. Це дозволило оцінити ефективність використання ЕНЕТ в технологічній схемі цукрового заводу при проведенні випробувань в порівняльних умовах.

Технологічну оцінку використання ЕНЕТ в схемі цукрового заводу проводили шляхом порівняння основних показників експериментальної та контрольної лінії.

Дані порівняльних випробувань технологічних ліній продуктового відділення відображені в таблицях 1-2.

Із таблиці 1 видно, що використання ЕНЕТ дозволило зберегти продуктивність експериментальної лінії по профугуваному утфелю, хоча кількість працюючих центрифуг була зменшена з 8 до 5 штук. Це пояснюється покращенням фугування утфелів в результаті їх нагрівання в ЕНЕТ. Нагрівання утфелю також полегшує загрузку центрифуг, робить їх роботу більш стійким, що призводить до зниження витрати електроенергії на фугування утфелю.

Нагрівання утфелю в ЕНЕТ забезпечує більш повне відокремлення міжкристального розчину при центрифугуванні, що підвищує якість жовтого цукру.

Із таблиці 2 видно, що доброякісність жовтого цукру на експериментальній лінії на 1,12 % вище, ніж на контрольній. Поряд з цим масова доля сухих речовин в жовтому цукрі зросла на 0,45 %.

В виробничих умовах були проведені дослі-

дження з метою визначення можливого розчинення кристалів цукру в ЕНЕТ. Для цього проби утфелю відбирали до та після нагрівання і міжкристальний розчин піддавали аналізу. Дослідні дані, що характеризують зміну масової долі сухих речовин міжкристального розчину до (CP_{II}) та після (CP_{I}) нагрівання потоку утфелю в ЕНЕТ, наведені на рис.1. Математична обробка результатів досліджень показала, що пряма, яка описується рівнянням $CP_{I} = CP_{II}$, задовільно усереднює дані 18 серій досліджень. При цьому довірча ймовірність результатів дорівнювала 0,948. Це дозво-

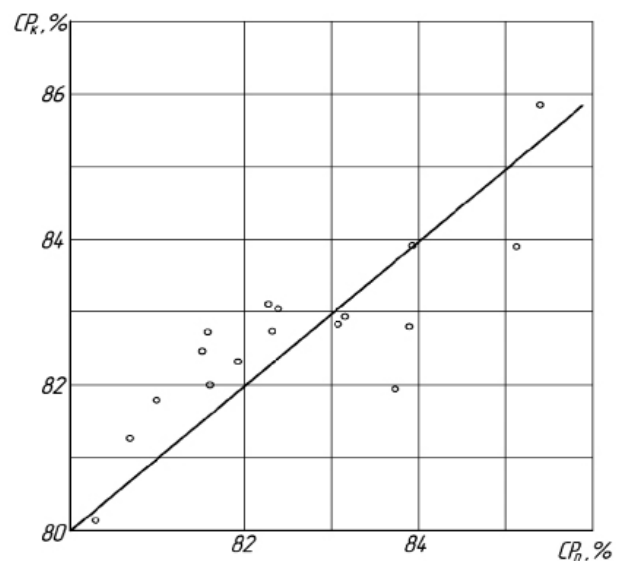


Рис.1. Зміна масової долі сухих речовин міжкристального розчину при нагріванні потоку утфелю в електричному нагрівачі

ляє зробити висновок про відсутність розчинення кристалів цукру при нагріванні утфелю в ЕНЕТ.

Експлуатація ЕНЕТ на Долинському цукровому заводі показав його працездатність та ефективність застосування для нагрівання утфелю останньої кристалізації перед центрифугуванням [3,4].

Однак, у зв'язку з тим, що цукрові заводи мають різну продуктивність по перероблюваному цукровому буряку, виникла потреба в створенні ЕНЕТ, який би забезпечував нагрівання різної маси утфелю. Тому була розроблена конструкція секційного ЕНЕТ, одна секція якого розрахована на продуктивність цукрового заводу 1500 тонн переробки цукрових буряків на добу. Такий ЕНЕТ був випробуваний та впроваджений у виробництво на Корецькому цукровому заводі, що працював по двох продуктивній технологічній схемі [5].

Різниця контрольної лінії від експериментальної полягала в тому, що на контрольній лінії нагрівання утфелю перед центрифугуванням відбувалося в останній мішалці-кристалізаторі, а на експериментальній лінії остання мішалка-кристалізатор працювала на охолодження утфелю, а його нагрівання перед центрифугуванням відбувалося в ЕНЕТ.

Дані випробувань наведені в **таблицях 3-7**.

В результаті нагрівання утфелю II продукту в останній мішалці-кристалізаторі на контрольній лінії доброякісність міжкристального розчину підвищилася на 0,3 %, а після нагрівання утфелю в ЕНЕТ вона залишилась незмінною (**табл. 5 і табл. 6**). Це говорить про те, що при нагріванні утфелю в мішалці-кристалізаторі відбувається часткове розчинення кристалів цукру, в той час як

Таблиця 3

Технологічні показники утфелю II продукту при спуску з вакуум-апаратів

| Зміна | Контрольна лінія | | | | Експериментальна лінія | | | |
|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | СР, _з ,% | Дб _з ,% | СР _м ,% | Дб _м ,% | СР, _з ,% | Дб _з ,% | СР _м ,% | Дб _м ,% |
| I | 94,8 | 77,0 | 84,6 | 61,8 | 94,6 | 77,8 | 85,4 | 62,1 |
| II | 95,0 | 78,2 | 85,6 | 62,0 | 94,8 | 78,0 | 84,6 | 62,0 |
| III | 94,8 | 78,0 | 84,6 | 62,0 | 94,6 | 77,8 | 84,0 | 62,1 |
| I | 94,8 | 78,0 | 85,0 | 61,8 | 95,8 | 78,0 | 85,2 | 62,0 |
| II | 95,2 | 78,2 | 85,6 | 62,0 | 94,8 | 77,0 | 85,2 | 61,4 |
| III | 95,0 | 78,0 | 85,0 | 61,8 | 95,6 | 78,2 | 85,2 | 62,4 |
| Середнє | 94,93 | 77,9 | 85,07 | 61,9 | 95,03 | 77,8 | 85,1 | 61,95 |

Таблиця 4

Результати замірів кількостей продуктів, тонн

| Зміна | Контрольна лінія | | | Експериментальна лінія | | |
|--------------|-------------------|--------------------|-----------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| | Перероблено цукру | Профуговано утфелю | Отримано меляси | Перероблено цукру | Профуговано утфелю | Отримано меляси |
| I | 503,4 | 38,6 | 16,0 | 499,4 | 41,0 | 17,0 |
| II | 538,0 | 49,1 | 47,0 | 524,3 | 38,5 | 34,0 |
| III | 533,5 | 56,3 | 30,0 | 517,8 | 64,3 | 30,0 |
| I | 520,5 | 35,4 | 44,0 | 519,6 | 40,6 | 37,0 |
| II | 522,5 | 48,3 | 20,0 | 509,5 | 30,4 | 24,0 |
| III | 486,1 | 27,4 | 22,0 | 520,4 | 33,4 | 34,0 |
| Разом | 3134,1 | 252,4 | 179,0 | 3091,0 | 248,2 | 176,0 |

при нагріванні утфелю в ЕНЕТ воно практично не спостерігається.

Результати промислової перевірки експериментальної лінії на Корецькому цукровому заводі показали, що застосування ЕНЕТ для нагрівання утфелю останньої кристалізації перед центрифугуванням має низку істотних переваг: поліпшується якість жовтого цукру на 1,6%, зменшується час центрифугування утфелю на 27% (**табл. 7**), знижується вміст цукру в умовній (СР = 85%) мелясі на 0,65 % (**табл. 6**).

Результати промислових випробувань електричного підігрівача на Долинському та Корецькому цукрових заводах показали, що його використання для нагріву утфелю останньої кристалізації перед центрифугуванням має ряд істотних

переваг: знижується вміст цукру в умовній мелясі (СР = 85%) на 0,65-1,21% за рахунок більш глибокого виснаження міжкристального розчину утфелю; збільшується доброякісність жовтого цукру на 1,12-1,6% за рахунок більш повного відділення міжкристального відтоку при центрифугуванні; зменшується час центрифугування на 27% за рахунок зниження в'язкості утфелю в результаті його нагрівання; відсутнє розчинення кристалів цукру в міжкристальному розчині.

Питома витрата електроенергії при нагріванні утфелю на 1 °С складає 2,075 кВт·год. на 1 тону утфелю.

Впровадження ЕНЕТ на Корецькому цукровому заводі дозволило збільшити вихід цукру на 0,05% до маси цукрового буряку, що переробляється.

Таблиця 5

Технологічні показники міжкристалного розчину перед нагріванням в мішалці-кристалізаторі (контрольна лінія) та в ЕНЕТ (експериментальна лінія)

| Зміна | Контрольна лінія | | | Експериментальна лінія | | |
|---------|---------------------|---------------------|-------|------------------------|---------------------|-------|
| | СР _м , % | Сх _м , % | Дб, % | СР _м , % | Сх _м , % | Дб, % |
| I | 83,0 | 49,5 | 59,6 | 83,6 | 49,0 | 58,6 |
| II | 84,0 | 49,6 | 59,1 | 84,0 | 49,2 | 58,5 |
| III | 84,0 | 49,2 | 58,6 | 83,2 | 48,6 | 58,4 |
| I | 83,6 | 49,8 | 59,6 | 84,2 | 49,2 | 58,5 |
| II | 84,0 | 49,6 | 59,1 | 83,6 | 49,1 | 58,8 |
| III | 84,0 | 48,9 | 48,2 | 83,2 | 48,8 | 58,6 |
| Середнє | 83,77 | 49,43 | 59,03 | 83,63 | 48,98 | 58,57 |

Таблиця 6

Технологічні показники меляси

| Зміна | Контрольна лінія | | | Експериментальна лінія | | |
|---------|------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
| | СР, % | Сх, % | Дб, % | СР, % | Сх, % | Дб, % |
| I | 83,8 | 49,7 | 59,3 | 84,0 | 49,2 | 58,6 |
| II | 83,6 | 49,7 | 59,5 | 82,8 | 48,7 | 58,7 |
| III | 83,8 | 49,6 | 59,2 | 84,0 | 49,9 | 58,9 |
| I | 84,2 | 50,2 | 59,6 | 83,4 | 48,9 | 58,6 |
| II | 84,0 | 50,1 | 59,7 | 84,0 | 48,7 | 58,5 |
| III | 83,6 | 49,1 | 58,7 | 83,8 | 48,7 | 58,1 |
| Середнє | 83,83 | 49,73 | 59,33 | 83,67 | 49,01 | 58,57 |

Таблиця 7

Технологічні показники жовтого цукру

| Зміна | Контрольна лінія | | | Експериментальна лінія | | |
|---------|------------------|-------|-----------------------|------------------------|-------|-----------------------|
| | СР, % | Дб, % | Тривалість фуговки, с | СР, % | Дб, % | Тривалість фуговки, с |
| I | 95,7 | 93,0 | 785 | 95,0 | 93,9 | 576 |
| II | 95,4 | 83,4 | 778 | 96,2 | 95,0 | 570 |
| III | 97,6 | 96,7 | 783 | 97,0 | 95,0 | 562 |
| I | 96,2 | 93,0 | 775 | 97,0 | 95,8 | 569 |
| II | 95,0 | 93,2 | 781 | 97,2 | 96,0 | 558 |
| III | 95,4 | 93,0 | 772 | 97,6 | 96,2 | 579 |
| Середнє | 95,88 | 93,72 | 779 | 96,67 | 95,32 | 569 |

Обладнання для швидкого електронагріву утфеля останньої кристалізації було встановлено та працює на ТОВ «Краєвид» (Згурівський цукровий завод).

Науковці кафедри теплоенергетики та холодильної техніки разом з науковцями кафедри електротехніки енергетичного факультету НУХТ у співпраці зі спеціалістами ТОВ НВП «Енерготехнологія» продовжують роботи по удосконаленню обладнання для швидкого електронагріву утфеля останньої кристалізації.

У виробничий сезон цукроваріння 2017-2018 років електричний підігрівач утфеля останньої кристалізації планується встановити на ПП «Європацукор» (Іваничівський цукровий завод). ■

Список використаних джерел

1. Журбицкий Ю.М. Интенсификация процесса подготовки утфеля последней кристаллизации к центрифугированию путем электронагрева. Дис... канд. техн. наук. – К., – 1991. – 203 с.

2. Эффективность электрического подогрева

утфеля последнего продукта // Ю.М.Журбицкий, В.Т. Гаряжа, А.В.Карпенко, Б.И. Хиврич, О.А. Кайдун/ Пищевая пром-сть: Респ. Межвед. Научн.-техн.сб. – К. : Техніка – 1986. – Вып.32. – С. 55-59.

3. Электрический нагреватель электродного типа для утфеля //Ю.М.Журбицкий, В.Т.Гаряжа, А.В.Карпенко, О.А.Кайдун/Экспресс-информация: Пищевая пром-сть. Серия 3.Сахарная и крахмало-паточная пром-сть. – М. : ЦНИИТЭИпищепром, 1984. – Вып.4. – С.8-9.

4. Журбицкий Ю.М., Кайдун О.А., Карпенко А.В. Использование электрического нагревателя электродного типа в технологической схеме сахарного завода//Вопросы повышения эффективности сахарного производства: Тез. докл. научн.-технич. конф., 29-30 мая 1984 г. – Яготин, 1984. – С. 80-81.

5. Журбицкий Ю.М., Карпенко А.В., Гаряжа В.Т. Электрический нагрев утфеля последнего продукта//Сахарная пром-ть. – 1986. – №11. – С. 10-12.