

# Досвід впровадження нової системи автоматизації вакуум-апаратів з циркуляторами

**С.О. Зінчук**, виконавчий директор, ПАТ «Червонський цукровик»

**Л.В. Скобель**, головний інженер, ПАТ «Червонський цукровик»

**Р.С. Коротка**, головний технолог, ПАТ «Червонський цукровик»

**Д.В. Левчук**, керівник лабораторії КВП і метрології, ПАТ «Червонський цукровик»

**В.М. Олійник**, приватний підприємець

**А.Ф. Кравчук**, незалежний експерт

У статті наведені приклади сучасної технології та приладів контролю процесу варки утфелю. В Україні вперше розроблена програма варки утфелю першої кристалізації при використанні удосконаленого промислового рефрактометра фірми «K-PATENS» (Фінляндія) в системі автоматизації вакуум-апаратів. Випробовування пройшов також контролер типу SEED MASTER-2.

**Ключові слова:** кристалічна затравка-1, кристалічна затравка-2, мікрохвильові прилади, промисловий рефрактометр, вакуум-апарати, система автоматизації.

В статье приведены примеры современной технологии и приборов контроля процесса варки утфеля. На Украине впервые разработана программа варки утфеля первой кристаллизации с использованием усовершенствованного промышленного рефрактометра фирмы «K-PATENS» (Финляндия) в системе автоматизации вакуум-аппаратов. Испытания прошел также контроллер типа SEED MASTER-2.

**Ключевые слова:** кристаллическая затравка-1, кристаллическая затравка-2, микроволновой прибор, промышленный рефрактометр, вакуум-аппараты, системы автоматизации

Examples of modern technologies and devices to control fillmass boiling are presented in the article. For the first time in Ukraine program for fillmass boiling of the first crystallization using improved process refractometer from the «K-PATENS» company (Finland) in the vacuum pans automation system was developed. SEED MASTER-2 controller had also passed tests successfully.

**Keywords:** Crystal seed-1, Crystal seed-2, microwave device, process refractometer, vacuum pans, systems of automation

## Вступ

Існують різні шляхи підвищення ефективності виробництва. Серед них ми можемо назвати основні:

- ритмічність переробки буряків;
- максимальне використання потужності наявного обладнання;
- заходи по зниженню споживання енергоресурсів;
- інтенсифікація і оптимізація технологічних процесів.

Кожен з цих заходів має комплекс організаційних, фінансових і технічних рішень. Виходячи з практики реалізації заходів, ми повинні відзначити, що перші три заходи найбільш ефективні як в часі так і в прибутку. Стосовно інтенсифікації і оптимізації технологічних про-

цесів ми повинні відмітити те, що такі заходи являються складовими названих трьох. Впровадження цих заходів приводить до значущого сукупного ефекту.

Організаційний підхід до рішення задачі підвищення ефективності виробництва може включати:

- заходи по реконструкції підприємства з метою збільшення продуктивності;
- заходи по модернізації підприємства з метою ліквідації «вузьких місць», покращення показників роботи технологічних відділень, підвищення потужності наявного обладнання;
- заходи по зниженню споживання тепла та електроенергії;
- заходи по підвищенню використання сировини та відходів виробництва.

• заходи по використанню перспективних технологічних і ефективних технічних рішень.

Всі ці заходи потребують різного рівня фінансування. Досвід показує: найбільш ефективним є фінансування заходів, які реалізуються до початку виробничого сезону. Такий підхід до реалізації заходів підвищення ефективності виробництва характерний для ПАТ «Червонський цукровик».

Аналіз стану ефективності виробництва цукру показав, що при реалізації планових заходів підвищення ефективності роботи заводу «вузьким» місцем є вакуум-апарати 1-ї кристалізації тому, що із трьох вакуум-апаратів два оснащено циркуляторами, а один – ні. При цьо-

## ТЕХНІКА

му неоснащений циркулятором апарат типу А2-ПВЕ-60 не має позитивних конструктивних характеристик ні в технологічній, ні в енергетичній частині. Вакуум-апарати оснащені системою автоматизації фірми «ГМА», яка виконана на базі вітчизняних технічних засобів. Експлуатується система автоматизації більше 8 років. В зв'язку з впровадженням пресування жому до вмісту сухих речовин 27,0-30,0% і підвищенням продуктивності заводу на 1000 тонн буряків на добу було прийнято рішення модернізувати існуючу систему автоматизації 2-х вакуум-апаратів з циркуляторами шляхом використання сучасних приладів для контролю за процесом варки утфелю з метою підвищення продуктивності вакуум-апаратів.

### Сучасний стан автоматизації вакуум-апаратів

Системи автоматизації вакуум-апаратів розроблені відділом автоматизації виробничих процесів УкрНДЦП і заводом «Цукроавтомат» у відповідності з продовольчою програмою

90-х років ХХ століття і прийняті до виробництва рядом малих підприємств набули достатньо широкого використання як в Україні, так і в Росії. Для контролю процесу використовуються датчики електропровідності і в'язкості [1,2]. В подальшому системи модернізувались як в технічному, так і в програмному забезпеченні.

У зв'язку зі зміною технології кристалізації цукру, використанням вакуум-апаратів з циркуляторами, підвищенням вмісту сухих речовин в сиропі до 75% поставлені нові вимоги до систем автоматизації вакуум-апаратів. Ефективність існуючих систем автоматизації стала незадовільною. Виникла необхідність створення нових програм управління процесами і систем автоматизації вакуум-апаратів. Але виконати цю задачу сьогодні не може ні інститут цукрової промисловості, ні завод «Цукроавтомат». Системи автоматизації розробляють і впроваджують малі підприємства України.

Цукрові заводи можуть придбати за рубежом сучасні системи автоматизації вакуум-

апаратів, і нові не енергозатратні технології, забезпечуючи ринок для Європи на сотні мільйонів євро. Крім того, ніяка зарубіжна фірма не продає саму сучасну технологію і обладнання, бо тоді продукція українських цукрових заводів стане конкурентоздатною. Ряд цукрових заводів України закупили застарілі технології кристалізації цукру. Крім того, закуплено не весь комплекс обладнання у відповідності до якості сиропу, а окреме обладнання. В результаті ефективність як обладнання так і технології значно знизилась.

З врахуванням практичного досвіду фірма «ВМА» (Германія) презентує сучасну технологію варки утфелів в вакуум-апаратах з циркуляторами.

Для прикладу на **рис.1** приводимо сучасну технологічну схему кристалізації цукру в вакуум-апаратах періодичної дії, презентовану фірмою «ВМА» [3].

Сучасні технологічні комплекси оснащені також сучасними приладами контролю процесу та системами автоматизації вакуум-апаратів.

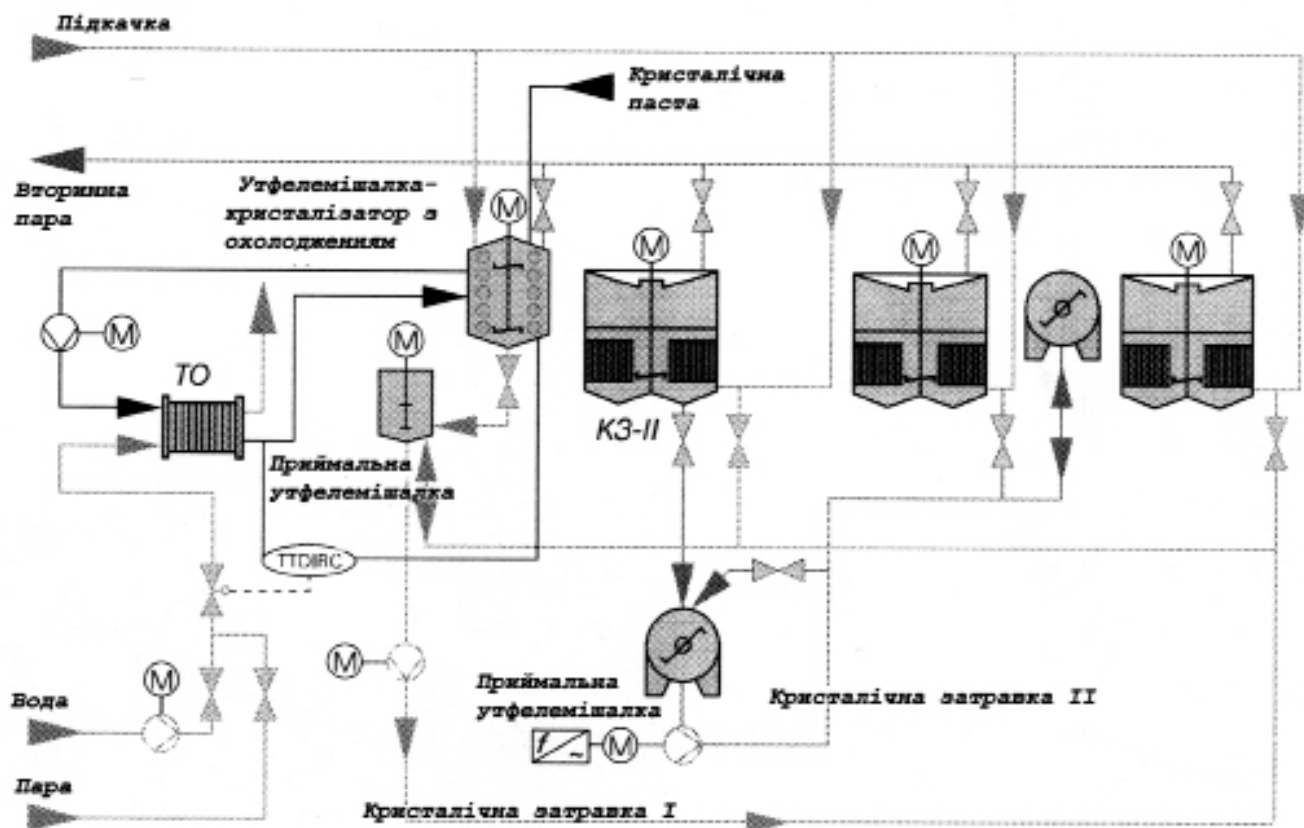


Рис. 1. Двухступеневая технология производства «затравки» и варки утфелю 1-й кристаллизации фирмы ВМА

Характерні стадії для технології кристалізації цукру в вакуум-апаратах періодичної дії:

- згущення сиропу до «проби», при якому вводиться «затравка»;
- введення «затравки» і утворення необхідної кількості кристалів в початковому наборі сиропу в апараті;
- стабілізація (утримання та нарощування) заведеної кількості кристалів;
- «закріплення» (формування об'ємного вмісту) кристалів;
- нарощування кристалів з підкачкою сиропу і патоки;
- відварювання утфелю;
- доведення утфелю до параметрів фугування.

Такий цикл варки утфелю існує при звичайних технологічних схемах кристалізації цукру в вакуум-апаратах періодичної дії.

За сучасною технологією (рис.1) стадія згущення сиропу до проби реалізується окремо відомим шляхом приготування «стандарт-сиропу», який також використовується для підкачки в вакуум-апаратах.

Крім того з процесу кристалізації в вакуум-апараті виведена стадія введення «затравки» і утворення необхідної кількості кристалів. Ця стадія виконується в окремій утфелемішалці-кристалізаторі вертикального типу з охолодженням, в якій під-

тримується заданий коефіцієнт перенасичення для росту введених з окремо приготовленою суспензією «затравочних» кристалів. Надалі встановлена ще одна утфелемішалка-кристалізатор, утфель в якій охолоджують до температури 30°C. При цьому отримують «кристалізатор» (маточний затравочний утфель) в якому середній розмір кристалів 0,08-0,11 мм. Середній вміст кристалів 20%. Ця операція заміняє звичайні стадії варки утфелю – закріплення та формування об'ємного вмісту кристалів.

Отриманий маточний утфель фірма «ВМА» називає «кристалічна «затравка-1», а інші – «кристалізатор». Направляючи таку «затравку-1» в продуктивні апарати, фірма «ВМА» гарантує отримання готового утфелю в продуктивних вакуум-апаратах з циркуляторами з середнім розміром кристалів 0,5 мм.

При необхідності отримання кристалів з розміром більше 0,5 мм і для реалізації безперервного режиму ведення процесу реалізується режим «кристалічної «затравки-2» з використанням вакуум-апарата з циркулятором, в якому використовується «затравка-1» («кристалізатор»). В вакуум-апараті отримують утфель з середнім розміром кристалів 0,3-0,5 мм, який випускають в утфелемішалку з

великим «градієнтом здвигу». Цей утфель має фірмову назву «кристалічна затравка-2», або «затравка-2». В деяких випадках цей утфель називають «магмою». Вміст кристалів в «затравці-2» 45-50%. З приймальної утфелемішалки «затравка-2» перекачується в накопичуючу утфелемішалку, встановлену на відповідному рівні відносно вакуум-апаратів. Продуктивні апарати мають початковий набір «затравки-2». Відповідно в грюючі камери продуктивних апаратів ми маємо можливість подавати вторинну пару 4-го, або 5-го корпусів випарної установки.

Системи автоматизації нової технології базуються на контролі процесу мікрохвильовими датчиками і відповідними програмами. Для звичайної технології варки утфелю характер зміни параметрів процесу з використанням мікрохвильового датчика контролю вмісту сухих речовин фірми «ProMtec Theisen» (Германія) показаний на рис. 2 [4].

На ПАТ «Червонський цукровик» нова технологія кристалізації цукру на основі контролю процесу мікрохвильовими датчиками і відповідними програмами на 2012 рік не була запланована. Запланована модернізація систем автоматизації та розробка програмного забезпе-

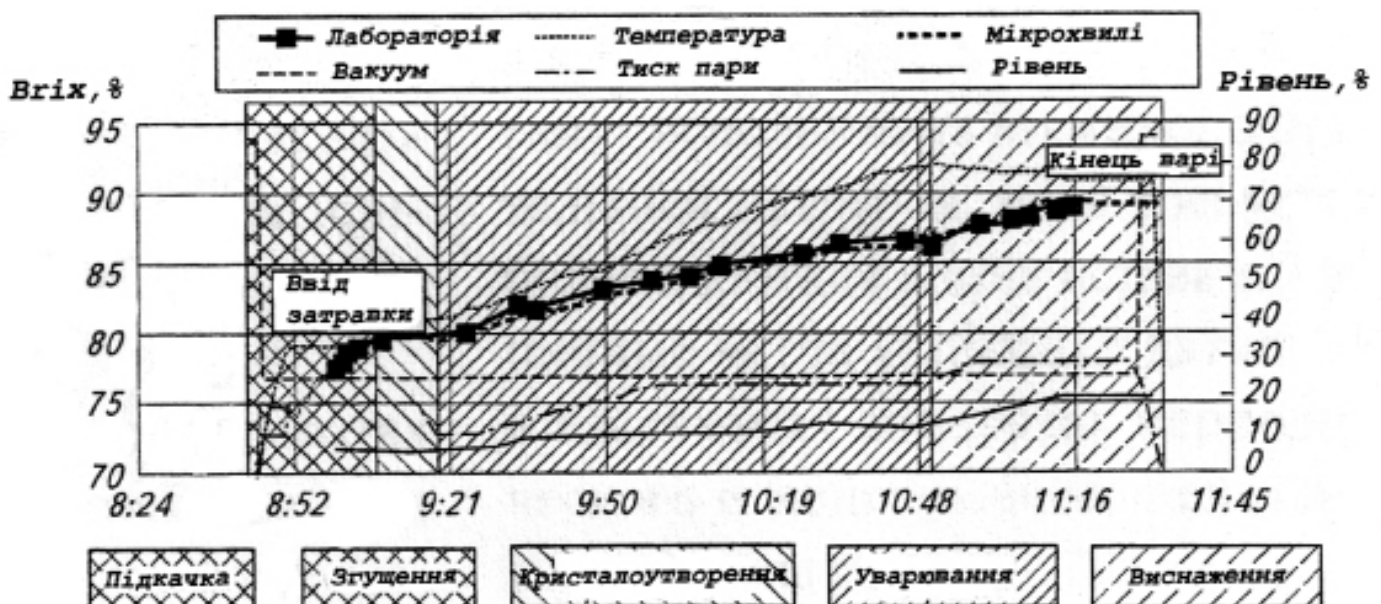
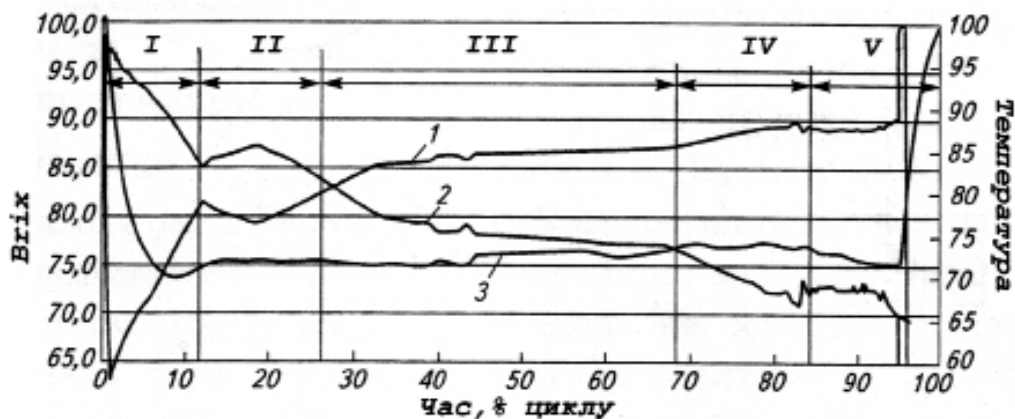


Рис. 2. Графік зміни параметрів процесу варки утфелю 1-ї кристалізації





**I-Випарювання**  
**II-Кристалізація**  
**III-Нарощування**  
**IV-Загущення**  
**V-Вигрузка**

**1-Брікс**  
**2-Мікрохвильовий сигнал**  
**3-Температура утфелю**

**Рис. 3.** Графік зміни параметрів процесу варки утфелю 1-ї кристалізації з використанням датчику Hydrotrac

чення модернізованої системи управління. Нова технологія реалізована на ОАО «Городейский сахарный комбинат» (Білорусія).

Фірма «Fives Fletcher Limited» (Великобританія) для автоматизації вакуум-апаратів презентує мікрохвильовий датчик типу Hydrotrac і програму Hydro Com. При цьому датчик калібрується по Бріксу за місцем установки з використанням лабораторного приладу. Вказана точність калібрування по Бріксу  $\pm 1,0$ . На **рис. 3** приведений графік реалізації програми варки утфелю з використанням датчика Hydrotrac [5].

В даних сучасних системах автоматизації вакуум-апаратів відсутнє визначення перенасичення міжкристального розчину не кажучи вже про його доброякісність. Прилади калібруються на непряме визначення Брікса сиропу і утфелю. Неможливо не враховувати те, що на результат вимірювання Брікса мікрохвильовими датчиками впливає вміст кристалів, особливо в кінці процесу.

**Досвід ПАТ «Червонський цукровик»**

Фірма «K-PATENS process instruments» (Фінляндія) презентувала вдосконалений промисловий рефрактометр для вимірювання концентрації (вміс-



**Рис.4.** Загальний вигляд промислового рефрактометра фірми «K-PATENS».

ту сухих речовин) цукрових розчинів. Загальний вигляд датчика показано на **рис. 4**.

Фірма «K-PATENS» може поставити запатентований контролер типу Seed Master 2 для визначення перенасичення міжкристального розчину, СР сиропу і утфелю, концентрації міжкристального розчину, вмісту кристалів, доброякісності міжкристального розчину та середнього розміру кристалів. При цьому точність визначення концентрації міжкристального розчину становить  $\pm 0,1\%$ .

Прилад має температурну

компенсацію та розчини для калібрування. Приймаючи рішення для придбання цього приладу і маючи досвід з використання таких приладів, нас найбільше турбувала стабільність роботи приладу на протязі сезону переробки буряків. Щоб не витрачати кошти на придбання програмного забезпечення було прийнято рішення що, програмування варки утфелю в режимі використання «затравок» «цукровою пудрою», пастою фірми «Магмас», суспензією «ЕСТЕР К 01» НВП «Електрогазохім» розробив виконавець робіт.

Дослідження роботи системи автоматизації виконувались на протязі виробничого сезону. Калібрування приладу перевіряли перед установкою на вакуум-апарат як калібрувальними розчинами, так і контрольним рефрактометром, відбираючи проби в процесі варки утфелю. Калібрування приладу було перевірено по калібрувальному розчині і після завершення виробничого сезону. Прилад працював без промивки після вивантаження утфелю. Виконувалась лише пропарка апарата. На **рис. 5** показаний графік зміни вмісту сухих речовин міжкристального розчину за період варки утфелю.

Результати роботи модернізованої системи автоматизації вакуум-апаратів показані в **таблиці 1**.

Найменування показників варки утфелю	Величини, середні за декаду
<b>Сироп з клеровкою: СР, %</b>	69,90
Сх, %	65,00
Дб, %	93,00
<b>Патока біла СР, %</b>	81,40
Сх, %	63,5
Дб, %	78,00
<b>Утфель СР, %</b>	91,50
Сх, %	84,91
Дб, %	92,80
<b>Міжкристальний розчин СР, %</b>	81,70
Сх, %	65,03
Дб, %	78,00
<b>Ефект кристалізації Еф, %</b>	14,80
<b>Фракційний склад цукру: 1 мм, %</b>	-
0,8 мм, %	-
0,7 мм, %	0,7
0,6 мм, %	5,4
0,5 мм, %	54,4
0,4 мм, %	28,0
0,3 мм, %	10,2
<0,3 мм, %	1,3
<b>Середній вихід цукру з готового утфелю, тонн</b>	34,00
<b>Середній час варки утфелю: хв</b>	210
<b>Температура граючої пари: °С</b>	100...105
<b>Температура утфелю: °С</b>	70...72

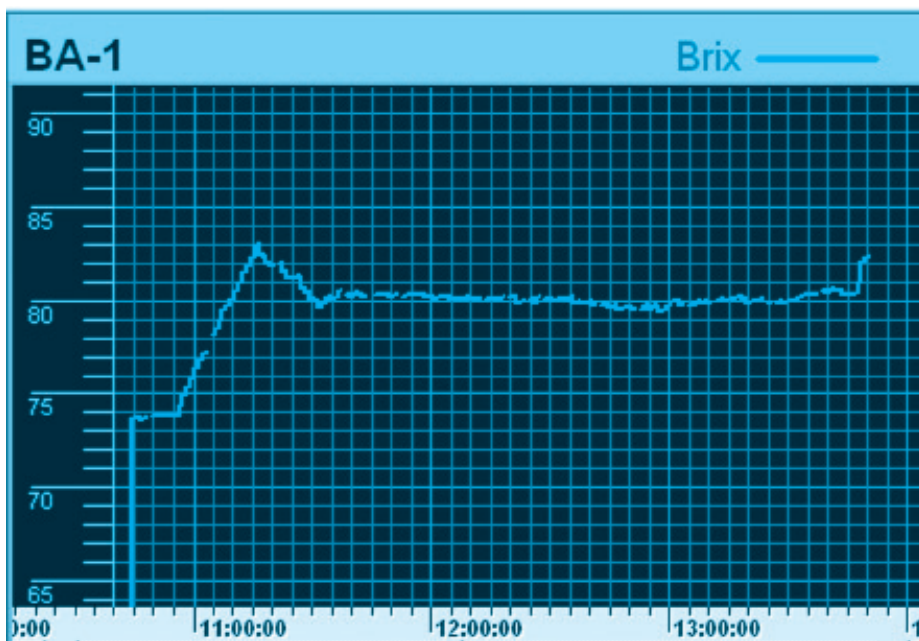


Рис.5. Відеокадр зміни вмісту сухих речовин міжкристального розчину за період варки утфелю.

На основі даних експлуатації модернізованої системи автоматизації можливо зробити такі висновки:

- промисловий рефрактометр виконаний за сучасною технологією відповідає паспортним технічним характеристикам;
- використання промислово-

го рефрактометра і розробленого програмного забезпечення для звичайної технології варки утфелю дозволяє ефективно вести процес в вакуум-апаратах з циркулятором при температурі пари в гріючій камері 100...105 °С.

#### Список використаних джерел

1. Кравчук А.Ф. Вакуум-

аппараты периодического действия: новые способы контроля и управления кристаллизацией сахара. / Сахар. - 2003. - № 6. - С 40 - 42.

2. Система автоматизації варки утфелю в вакуум-апараті з циркулятором. / А.Ф. Кравчук, Ю.В. Прокопенко, В.М. Олійник, О.В. Гостік, Л.В. Скобель, Д.В. Левчук, Р.С. Коротка. // Цукор України. - 2006. - № 6. - С 16-18.

3. Інформаційний матеріал Брауншвейзького машинобудівного заводу. А.Я 3225. 38022 Брауншвейг (Германія); www.bma-de.com.

4. Микроволновая технология в сахарной промышленности. / Таизен К.Х., Гайер И., Разафиндрабе. //Сахар. -2007. - № 7. - С 35 - 36.

5. Датчики контроля кристаллизации в вакуум-аппаратах: опыт компании Fives Fletcher за последние 25 лет. /Тейлор М., Гетаз М.А.// Сахар. - 2010. - №10. - С 57- 60.

6. K-PATENTS PROCESS REFRACTOMETER APPLICATION NOTES. Publisher K-Patents Oy. Finland.