

Гунько Ю.Л., Федорусь Ю.В.  
*Луцький національний технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РОБОТИ ВАКУУМ-АПАРАТІВ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

У статті проаналізовані особливості процесу уварювання цукрового утфелю, розглянуто систему керування процесом уварювання утфелю у вакуум-апараті, наведені результати експериментальних досліджень роботи вакуум-апарата, запропоновані можливі шляхи підвищення інтенсифікації його роботи.

**Ключові слова:** утфель, вакуум-апарат, система керування, концентрація, температура, тиск, гріюча камера, циркуляція.

**Постановка проблеми.** Одним із базових процесів у технології виробництва цукру є кристалізація, завдяки якій видаляється до 70 % нецукрів. При цьому втрати цукру досягають 75 % від загальних, що майже вдвічі більше, ніж на сучасних цукрових заводах передових країн.

Саме тому слід приділити увагу удосконаленню технології уварювання цукрового утфелю з метою підвищення інтенсифікації даного процесу, зменшення втрат цукру від термічного розкладання, підвищення його виходу та якості, що є актуальним завданням сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Результати досліджень процесу уварювання утфелю у вакуум-апаратах висвітлені у ряді праць [1,2,3,4], а також наводяться дані про застосування керуючих систем, які дозволяють ефективно управляти цим процесом [5].

Керуючі системи забезпечують отримання максимально повної інформації про характерні особливості проходження процесу уварювання утфелю у вакуум-апараті.

**Мета дослідження.** На основі дослідження процесу уварювання утфелю в автоматизованому вакуум-випарному апараті запропонувати шляхи інтенсифікації досліджуваного процесу.

**Результати дослідження.** Процес уварювання сиропів здійснюється у вакуум-апаратах, що працюють під розрідженням, тому температура уварювання складає 75–80 °С. Застосування низьких температур при уварюванні утфелю, які являють собою достатньо густу і в'язку масу кристалів і міжкристалльної рідини, запобігає інтенсивному розкладанню цукру. Низькі температури при уварюванні сприяють також підвищенню інтенсивності процесу випарювання води у вакуум-апараті в результаті збільшення корисної різниці температур між гріючою парою і температурою киплячої маси в апараті.

Уварювання утфелю проводять періодично в вакуум-апаратах у чотири стадії:

1. згущення сиропу до перенасичення розчину;
2. заводка кристалів цукру (утворення центрів кристалізації сахарози);
3. нарощування кристалів цукру;
4. кінцеве згущення та спуск утфелю.

Згущення сиропу в вакуум-апаратах починають при залишковому тиску 0,02 МПа за низької температури кипіння (67–70 °С), щоб попередити карамелізацію сахарози. По мірі згущення сиропу до 80–82 % сухих речовин температура його кипіння підвищується до 73–75 °С.

Своєчасна заводка кристалів і своєчасне зупинення їх утворення має важливе значення. Тому, як тільки в утфелі з'являється достатня кількість центрів кристалізації, заводку зупиняють. Подальше нарощування (збільшення розмірів) кристалів ведуть при залишковому тиску 0,02 МПа за температури 75 °С.

Якщо кристали сахарози досягнуть необхідної величини, утфель доводять до максимально можливої концентрації сухих речовин 92,5 %, при цьому його температура не повинна перевищувати 75 °С.

Запровадження автоматичної системи керування на Гнідавському цукровому заводі дозволяє ефективно досліджувати процеси, що проходять при уварюванні утфелю у вакуум-апаратах (рис. 1). У вакуум-апараті контроль за роботою устаткування здійснюється за допомогою контрольно-вимірювальних приладів. Вони призначені для автоматичного відновлення заданого режиму всієї станції уварювання.



Рисунок 1– Досліджувана установка

Відповідно до показів цих приладів проводиться оптимальний експлуатаційний режим роботи вакуум-випарних апаратів, їх випробування й налагодження.

Вакуум-апарат являє собою циліндричну вертикальну ємкість з паровою камерою і перемішуючим пристроєм.

Парова камера – трубчатий теплообмінник, по трубах якого рухається утфель, а міжтрубний простір заповнюється гріючою парою.

Перемішуючий пристрій складається із підвісного валу з перемішуючими лопатями і його приводу – електродвигуна з клинопасовою передачею і циліндричним редуктором.

Вихідним продуктом для отримання утфеля є сироп і патока.

Розроблена система керує технологічними процесами у дистанційному режимі (рис.2), вона контролює стан електроприводів технологічних механізмів з можливістю керування як у місцевому, так і дистанційному режимах, контролює величини основних технологічних параметрів і проводить графічну архівацію за заданий період часу, здійснює звукову і світлову сигналізацію при виході величини параметрів за встановлені межі.

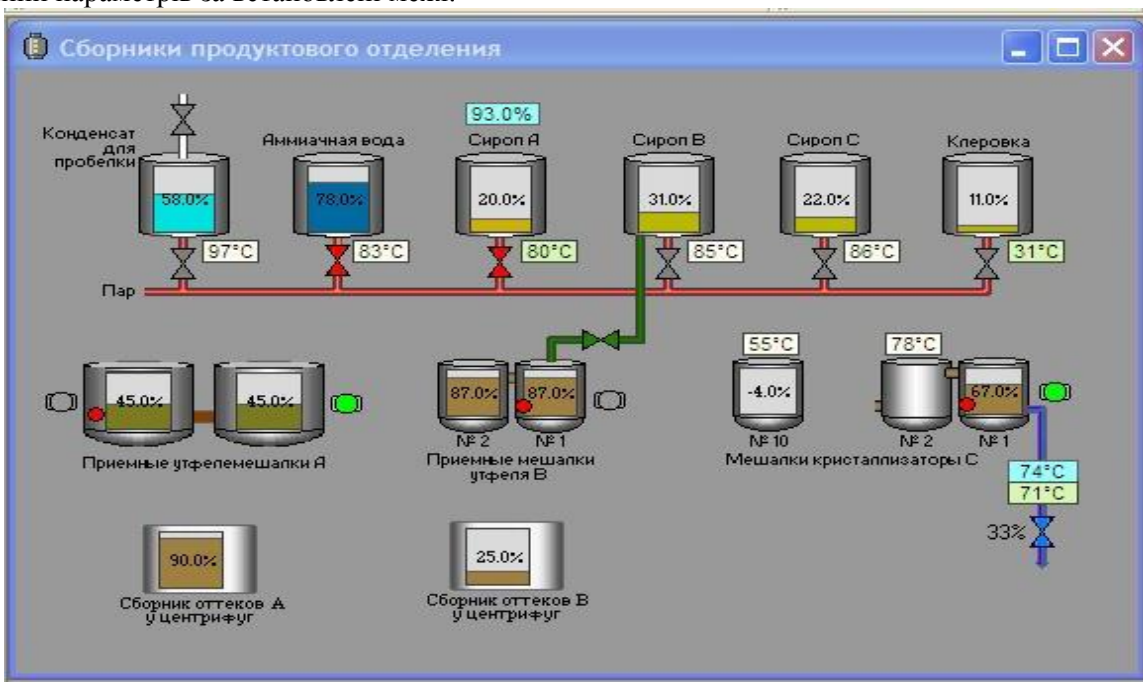


Рисунок 2– Система керування процесами у продуктовому відділенні

Основою системи є керуючі контролери. Зв'язок контролера з автоматизованим робочим місцем оператора здійснюється локальною мережею. Програмне забезпечення АРМ повинно функціонувати в програмному середовищі Windows, що дозволяє забезпечувати сумісність ПЕОМ АРМ як між собою, так і з верхнім рівнем керування, і далі воно дозволяє вихід в систему Інтернету.

Були проведені дослідження основних параметрів процесу уварювання у вакуум-апаратах в різні робочі зміни протягом кількох тижнів, в результаті були отримані графіки залежності основних параметрів вакуум-випарного апарата.

Для досліджень використовувались графіки залежності основних параметрів процесу уварювання у вакуум-апараті (рис.3)

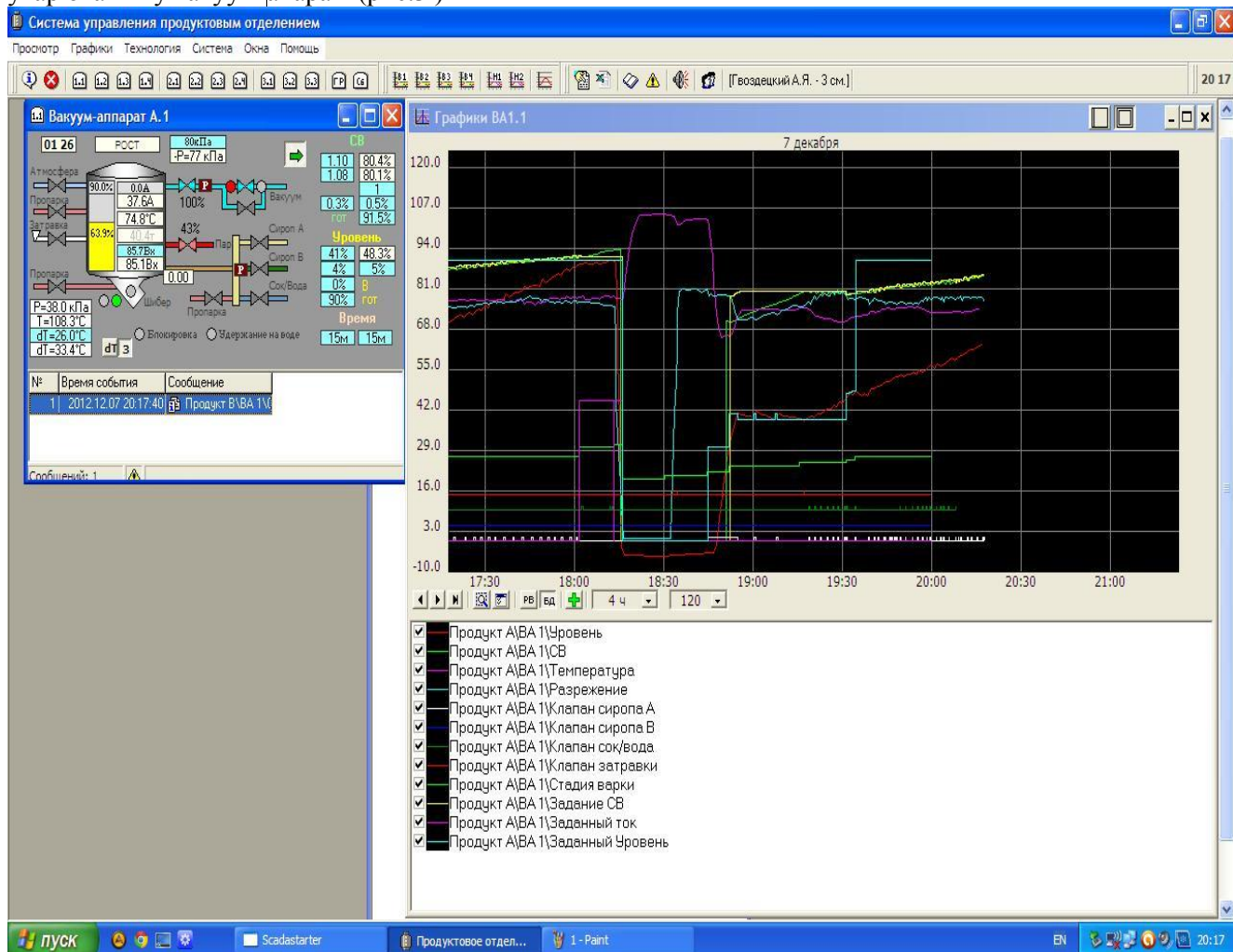


Рисунок 3–Графіки залежності основних параметрів процесу уварювання

Дослідження показали, що концентрація утфелю залежить від температури, тиску. Із збільшенням температури уварювання утфелю ( $T$ ) і тиску ( $p$ ) у вакуум-апараті збільшується концентрація утфелю.

Рівняння регресії для визначення концентрації утфелю ( $Y$ ) після включення незначущих членів для 95% довірчої ймовірності, буде:

$$Y = 71,4 + 0,06T + 0,13p$$

Було побудовано поверхню відгуку та проекції двомірних січень поверхні відгуку в середовищі MathCad (рис. 4).

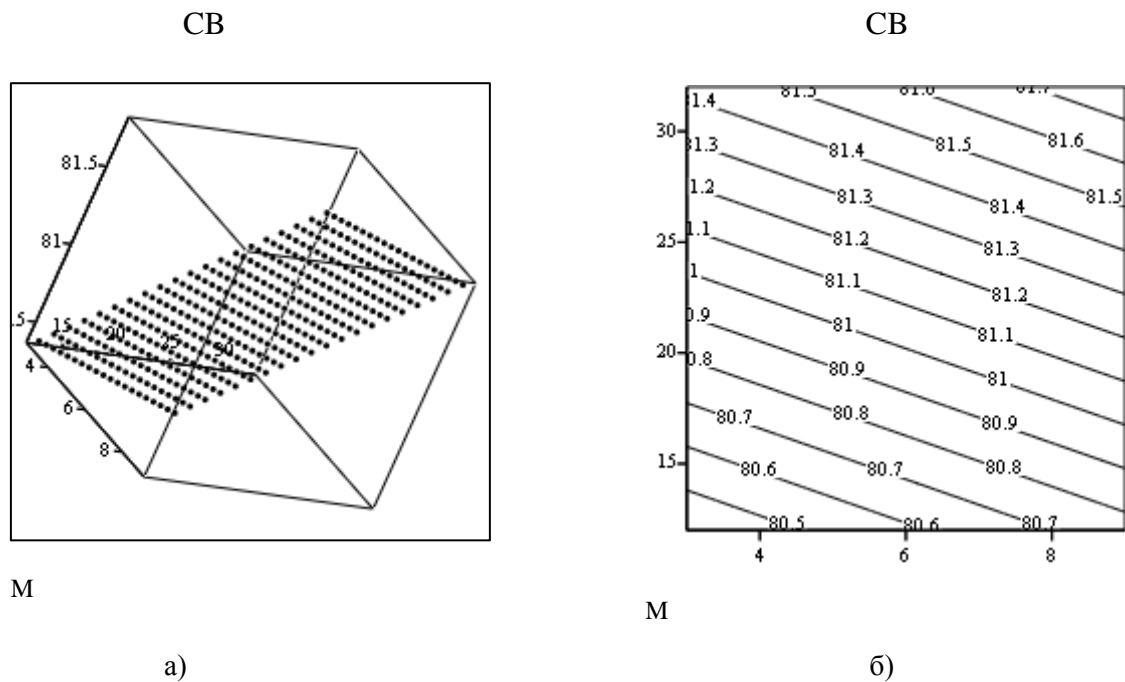


Рисунок 4 – Поверхня відгуку (а) та проєкції двомірних січень поверхні відгуку на площину (б).

Залежність коефіцієнта теплопередачі від концентрації полягає в тому, що із збільшенням концентрації коефіцієнт теплопередачі зменшується. Тому для інтенсифікації процесу уварювання необхідно забезпечити підвищення коефіцієнта теплопередачі (встановлено на основі розрахунків, що його значення не повинне бути меншим, ніж 290) .

Також для підвищення інтенсифікації процесу кристалізації цукрози та зменшення тривалості уварювання утфелю слід підвищити швидкість циркуляції утфелю шляхом удосконалення гріючої камери та встановлення більш ефективних циркуляторів.

**Висновки.** Отже, були проаналізовані особливості процесу уварювання, конструкції вакуум-випарних апаратів та засоби автоматизації, що використовуються для керування процесом уварювання утфелю. На основі проведених за допомогою керуючої системи досліджень процесу уварювання отримано залежність для визначення концентрації утфелю, а також визначені основні шляхи інтенсифікації процесу кристалізації та зменшення тривалості уварювання утфелю.

1. Горяжа В.Т. Интенсификация процесса уваривания утфелей / В.Т. Горяжа, В.Р. Кулинченко, Ю.Г. Артюхов, Б.Г. Дидушко.– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.– 152 с.
2. Попов В.Д. Основы теории тепло- и массообмена при кристаллизации сахарозы.– М.: Пищевая пром-сть, 1973.– 320 с.
3. Физико-химические процессы сахарного производства/ И.С. Гулый, В.М. Лысянский, Л.П. Рева и др. – М.: Агропромиздат, 1987.-264 с.
- 4.Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. – М.: Колос, 1998. - 495 с.
5. Технологічний процес уварювання у вакуум-апаратах цукрового виробництва як об'єкт управління / Ю.Л. Гунько, О.М. Окуневич // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – Луцьк. ЛНТУ, 2012. – Вип.39. – С. 39–43.

## REFERENCES

1. V. Hariazha Intensification of the massecuites boiling out process/ V.Hariazha, V. Kulinchenko, Y. Artuhov, B. Didushko.- M.: Light and Food Industry, 1981.-p.152
2. V. Popov Theory Basics of Heat and Mass Transfer During the Saccharose Crystallization – M.: Food Industry, 1973. –p.320
3. Physical Chemical Processes of Sugar Production/ I. Gulyi, D. Lysiansky, L. Reva and others. –M.: Ahropromizdat, 1987. -p.264
4. A. Sapanov Sugar Production Technology. – M.: Kolos, 1998. –p.495
5. Technological Boiling Out Process in Sugar Refinery Vacuum Pans As an Object of Management / Y. Hunko, O. Okunevych // Scientific Notes: Interuniversity collection ( on disciplines “Engineering and Metalwork”, “Engineering Mechanics”, “Metallurgy and Materials”). – Lutsk. LNTU, 2012. –Issue №39.– p. 39-43



*Гунько Ю.Л., Федорусь Ю.В. Исследование условий интенсификации работы вакуум-аппаратов сахарного производства.*

В статье проанализированы особенности процесса уваривания сахарного утфеля, рассмотрена система управления процессом уваривания утфеля в вакуум-аппаратах, приведены результаты экспериментальных исследований работы вакуум-аппарата, предложены возможные пути повышения интенсификации его работы.

**Ключевые слова:** утфель, вакуум-аппарат, система управления, концентрация, температура, давление, греющая камера, циркуляция.

*Y. Hunko, Y. Fedorus. Conditions Research of the Performance Intensification of Sugar Production Vacuum Pans*

One of the basic processes in the sugar production technology is crystallization, due to which 70% of nonsugars are removed. During this process the sugar losses comes to 75% from the general amount, what is twice more, than at sugar refineries in the advanced countries.

That is why we should pay attention to the sugar massecuite boiling down technology in order to improve the intensification of this process, reduce sugar losses caused by thermal dissolution and improve its outcome and quality, what is a current task nowadays.

In the article we analyzed the peculiarities of the sugar massecuite boiling down technology are analyzed, considered the management system of the sugar massecuite boiling down process in vacuum pans, gave the results of the experimental investigations of the vacuum pans performance and suggested possible ways of intensification improvement of its performance.

**Key words:** massecuite, vacuum pan, management system, concentration, temperature, pressure, heat camera, circulation.

**АВТОРИ:**

*ГУНЬКО Юрій Леонтійович*, кандидат технічних наук, Луцький національний технічний університет, доцент кафедри обладнання переробних виробництв, e-mail: [lab-amb@ukr.net](mailto:lab-amb@ukr.net)

*ФЕДОРУСЬ Юрій Володимирович*, кандидат технічних наук, Луцький національний технічний університет, доцент кафедри обладнання переробних виробництв, e-mail: [lab-amb@ukr.net](mailto:lab-amb@ukr.net)

**АВТОРЫ:**

*ГУНЬКО Юрий Леонтьевич*, кандидат технических наук, Луцкий национальный технический университет, доцент кафедры оборудования перерабатывающих производств, e-mail: [lab-amb@ukr.net](mailto:lab-amb@ukr.net)

*ФЕДОРУСЬ Юрий Владимирович*, кандидат технических наук, Луцкий национальный технический университет, доцент кафедры оборудования перерабатывающих производств, e-mail: [lab-amb@ukr.net](mailto:lab-amb@ukr.net)

**AUTHORS:**

*Yuriy HUNKO*, Ph.D., Lutsk National Technical University, associate professor of Refining Production Equipment Department, e-mail: [lab-amb@ukr.net](mailto:lab-amb@ukr.net)

*Yuriy FEDORUS*, Ph.D., Lutsk National Technical University, associate professor of Refining Production Equipment Department, e-mail: [lab-amb@ukr.net](mailto:lab-amb@ukr.net)

Стаття надійшла в редакцію 02.09.2016р.