

Ефективність застосування вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією в теплотехнологічній схемі цукрового заводу

В.І. Павелко, кандидат технічних наук, професор, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

Підтверджена ефективність застосування утфельних вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією утфеля в теплотехнологічній схемі цукрового заводу. На підставі порівняльних розрахунків витрати теплоти (пари) на вакуум-апарати з підсиленою циркуляцією і без неї зроблена оцінка доцільності і ефективності впровадження на цукрових заводах вакуум-апаратів з підсиленою різними способами циркуляції утфеля в них.

Ключові слова: вакуум-апарати, утфель, підсилена циркуляція, ефективність, витрата теплоти.

Подтверждена эффективность применения утфельных вакуум-аппаратов с усиленной циркуляцией утфеля в теплотехнологической схеме сахарного завода. На основании сравнительных расчетов расхода тепла (пара) на вакуум-аппараты с усиленной циркуляцией и без неё сделана оценка целесообразности и эффективности внедрения на сахарных заводах вакуум-аппаратов с усиленной различными способами циркуляции утфеля в них.

Ключевые слова: вакуум-аппараты, утфель, усиленная циркуляция, эффективность, расход тепла.

The efficiency of massecuite vacuum apparatus with reinforced thermal circulation of massecuite in sugar mill circuit is proved. Based on the comparative costs of calculations of heat (steam) from the vacuum apparatus with reinforced circulation and without an estimation of the feasibility and effectiveness of the implementation of factories in vacuum apparatus with reinforced in various ways massecuite circulation within them.

Keywords: vacuum apparatus, massecuite, reinforced circulation, efficiency, consumption of heat.

Кристалізація цукру як завершальний етап виробництва його на цукровому заводі проводиться, як відомо, у вакуум-апаратах, які обігриваються вторинною парою багатокорпусної випарної установки (ВУ) [1].

Оптимальна теплотехнологія уварювання утфелю у вакуум-апаратах повинна забезпечити максимальне вилучення цукру за умови мінімальної витрати пари, бажано якомога нижчого потенціалу, на процеси концентрування сиропу, клеровки, відтоків і подальшої кристалізації цукру. Кількість пари, що її споживають вакуум-апарати, залежить від кількості води, яка повинна випаровуватись із сиропу, і додаткової кількості води, що міститься у відтоках (патоках), які підкачуються у вакуум-апарати під час уварювання утфелю.

В процесі роботи вакуум-апаратів витрата пари на них змінюється досить відчутно в залежності від концентрації сухих речовин і чистоти (доброякісності) сиропу, а також кількості підкачуваних в апарати відтоків і води. За даними багатьох дослідників [2,3], ця витрата коливається в межах 115-235 кг пари на 1 тону буряків. Як правило, на цукрових заводах встановлюють 2-5 вакуум-апаратів I-го

продукту і по 2-3 вакуум-апарати II-го і III-го продуктів в залежності від продуктивності заводу.

Навіть при включенні цих апаратів за графіком їх періодична і нерівномірна робота веде до пікових завантажень випарних установок і котельної (ТЕЦ); особливо несприятливо відбуваються ривки у споживанні вторинної пари на роботі ВУ, розладнуючи її усталений режим.

З метою удосконалення конструкції вакуум-апаратів періодичної дії та інтенсифікації процесу уварювання утфелів у Національному університеті харчових технологій (НУХТ) були виконані дослідження робочих процесів тепло-масообміну і гідродинаміки у вакуум-апаратах періодичної дії [2], на підставі яких промисловості були запропоновані нові конструкції модернізованих вакуум-апаратів з гідродинамічним способом інтенсифікації робочих процесів [3]. Впровадження у виробництво модернізованих вакуум-апаратів дозволило суттєво зменшити витрату теплової енергії в процесі уварювання утфелю шляхом, перш за все, скорочення тривалості циклу уварювання утфелю на 25-40% у порівнянні з вакуум-апаратами без інтенсифікації робочих процесів в них [3].

Слід зазначити, що паралельно з впровадженням у промисловості вакуум-апаратів з гідродинамічним підсиленням циркуляції набули швидкого розвитку і застосування вакуум-апарати з механічним способом інтенсифікації процесу уварювання утфелю, в яких збільшення швидкості циркуляції утфелю в процесі його уварювання здійснюється за допомогою механічного циркуляра з електроприводом, який встановлюється в опускному каналі вакуум-апарата. Експериментальне дослідження роботи вакуум-апарата з механічним циркулятором для уварювання утфелю I-го продукту, виконане групою дослідників НУХТу (В.О. Бойко, М.О. Масліков, В.П. Петренко, М.О. Прядко) [4], засвідчило скорочення тривалості процесу уварювання утфелю I-ї кристалізації на 15-20% у порівнянні з вакуум-апаратами періодичної дії без механічних циркуляторів.

Порівняння ефективності роботи вакуум-апаратів з підсиленою та природною циркуляцією нами виконано для цукрового заводу потужністю 6000 тонн буряків за добу, оснащеного вакуум-апаратами з механічними циркуляторами для уварювання утфелю I-го продукту та вакуум-апаратами з гідродинамічним підсиленням циркуляції для утфелів II-го і III-го продукту. В теплотехнологічній схемі заводу впроваджені сучасні енерго- і ресурсозберігаючі технології [5].

Зокрема, для живлення вакуум-апаратів парою встановлюється відокремлений випарний апарат, який працює в режимі 3-го корпусу ВУ, і на який надходить сульфитований сік. Випарна установка являє собою комбінацію випарних апаратів з різними конструктивними схемами: на I-у, II-у і III-у корпусах ВУ встановлюються випарні апарати системи Роберта, а на IV-у і V-у – плівкові випарні апарати з гравітаційно-стікаючою плівкою розчину (сиропу).

Для розрахунку теплотехнологічної схеми приймаються такі вихідні дані:

- дигестія буряку (стружки) – 16,5%;
- чистота (доброякісність) нормального соку – 86%;
- відкачка дифузійного соку – 1100 (110% мас.);
- повернення нефільтрованого соку 1 сатурації на попереднє вапнування (дефекацію) – 400 (40% мас.);
- концентрація сухих речовин дифузійного соку – 14,8% мас.;
- концентрація сухих речовин сульфитованого соку перед ВУ – 14,5%;
- витрата сульфитованого соку на ВУ – 1035 (103,5%);
- концентрація сухих речовин утфелю 1-го – 92% мас.;
- концентрація сухих речовин утфелю 2-го – 93% мас.;
- концентрація сухих речовин утфелю 3-го – 93,5% мас.;

Розрахунок витрати теплоти (пари) на всі теплотехнологічні споживачі заводу виконуємо за методикою [1] для 2-х варіантів: 1-й – на заводі встановлені вакуум-апарати з природною циркуляцією; 2-й – встановлені вакуум-апарати з підсиленою циркуляцією.

Витрата пари, в кг пари на 1 тону буряків, на вакуум-апарати розраховується за виразом:

$$d_{В/а} = 1,1 \cdot W_{В/а} + C, \quad (1)$$

де $W_{В/а}$ – кількість води, що випаровується в процесі уварювання утфелю, в кг/тн, без урахування водних підкачок; C – величина, яка враховує можливі відхилення фактичної кількості та концентрації продуктів від розрахункових та водні підкачки в процесі уварювання утфелю. Для вакуум-апаратів I-го продукту приймається $C_I = 10$ кг/тн; для II-го та III-го продуктів $C_{II} = C_{III} = 5$; 1,1 – коефіцієнт, який враховує втрати теплоти в навколишнє середовище та співвідношення теплоти випаровування вторинної і грійної пари.

Таблиця 1

Результати розрахунку теплотехнологічної схеми заводу за умови роботи вакуум-апаратів з природною циркуляцією

Найменування	Розмірність	Позначення	Витрата пари
Вакуум-апарати I-го продукту	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{В/а I пр.}$	102,3
Вакуум-апарати II-го продукту	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{В/а II пр.}$	64,0
Вакуум-апарати III-го продукту	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{В/а III пр.}$	13,3
Випарна установка	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$D_{ву}$	275,6
Теплотехнологічні потреби заводу	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$D_{технолог}$	315,7
Витрата умовного палива на теплотехнологічні потреби заводу	$\frac{\text{кг ум. палива}}{\text{тн бур.}}$	$b_{технолог}$	29,3

Таблиця 2

Результати розрахунку теплотехнологічної схеми заводу за умови роботи вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією

Найменування	Розмірність	Позначення	Витрата пари
Вакуум-апарати I-го продукту	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{\text{В/а I пр.}}$	87,0
Вакуум-апарати II-го продукту	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{\text{В/а II пр.}}$	48,0
Вакуум-апарати III-го продукту	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{\text{В/а III пр.}}$	11,0
Гідродинамічне підсилення циркуляції	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$d_{\text{вд.}}$	0,6
Випарна установка	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$D_{\text{ву}}$	250,5
Теплотехнологічні потреби заводу	$\frac{\text{кг пари}}{\text{тн бур.}}$	$D_{\text{технолог}}$	290,0
Витрата умовного палива на теплотехнологічні потреби заводу	$\frac{\text{кг ум. палива}}{\text{тн бур.}}$	$b_{\text{технолог}}$	26,5

Для вакуум-апаратів з підсиленою гідродинамічним способом циркуляцією витрату пари, визначену за виразом (1), необхідно збільшувати на величину витрати пари на вдування в кип'ятильні труби, яка на підставі даних, отриманих при промислового випробуванні вакуум-апаратів з гідродинамічним підсиленням циркуляції, приймається в межах 10-15% від витрати пари на процес уварювання утфелю [3].

У таблиці 1 наведено результати розрахунку теплотехнологічної схеми заводу за першим варіантом, коли в продуктовому відділенні встановлені тільки вакуум-апарати з природною циркуляцією.

У таблиці 2 наведено результати розрахунку теплотехнологічної схеми заводу за другим варіантом, коли в продуктовому відділенні встановлені вакуум-апарати з механічними циркуляторами для уварювання утфелю I-го продукту і вакуум-апарати з гідродинамічним підсиленням циркуляції для уварювання утфелів II-го і III-го продуктів.

Порівняльні розрахункові витрати пари, наведені в таблицях 1 і 2, показують, що витрата пари (палива) на теплотехнологічні потреби цукрового заводу за умови впровадження в теплотехнологічну схему сучасних прогресивних технічних рішень щодо застосування на випарній установці плівкових випарних апаратів і підвищеного температурного режиму на ВУ, а у продуктовому відділенні – вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією, зменшується.

Висновки

1. Доведена ефективність впровадження в теплотехнологічну схему цукрового заводу вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією.

2. Застосування вакуум-апаратів з підсиленою як механічним, так і гідродинамічним способом

циркуляцією утфеля зменшує витрату пари (палива) на теплотехнологічні потреби цукрового заводу.

3. Впровадження на цукрових заводах теплотехнологічної схеми, оснащеної ВУ з плівковими випарними апаратами та вакуум-апаратами з підсиленою циркуляцією, а також з максимально можливим використанням вторинних енергоресурсів, дозволяє істотно підвищити її економічність і енергоефективність.

Список використаних джерел

1. *Основи теплотехнології цукрового виробництва*. М.О. Прядко, М.О. Масліков, В.П. Петренко, В.І. Павелко, В.М. Філоненко. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2007, - 296 с.

2. *Интенсификация процесса уваривания утфелей*. В.Т. Гаряжа и др. - М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981, - 152 с.

3. *Гідродинамічний спосіб підсилення циркуляції в утфельних вакуум-апаратах*. В.І. Павелко, Ю.О. Проценко - К. : Цукор України, 2013, №6(90), С. 26-29.

4. *Експериментальне визначення теплотехнічних показників роботи вакуум-апаратів I-го продукту періодичної дії з механічними циркуляторами*. В.О. Бойко, М.О. Масліков, В.П. Петренко, М.О. Прядко, Є.А. Моцний К. : Цукор України, 2010, №9, С. 21-23.

5. *Ефективність застосування плівкових випарних апаратів та розрахунок інтенсивності тепловіддачі до киплячих цукрових розчинів в них*. В.П. Петренко, М.О. Прядко, О.М. Рябчук -К.: Цукор України, 2013, №6(90), с. 21-25.

Рецензент: С.М. Василенко,
д.т.н., проф.