

Огляд оцінок критеріїв ефективності закордонних та вітчизняних вакуум-апаратів

Р.Ц. Міщук, доктор технічних наук, старший науковий співробітник УкрНДІЦП

У статті було розглянуто критерії ефективності закордонних та вітчизняних вакуум-апаратів.
Ключові слова: вакуум-апарат, модернізація, цукор поверхня нагріву, циркуляційне число.

The article examined the efficiency criteria for foreign and domestic vacuum devices.

Keyword: vacuum-pans, modernization, sugar, heat surface, circulation number.

Вакуум-апарати періодичної дії все ще залишаються основним обладнанням для отримання кристалічного цукру у вітчизняній промисловості. На закордонному та вітчизняному ринках обладнання для цукрової промисловості пропонуються періодичні вакуум-апарати сучасних конструкцій, в тому числі з циркуляторами. Однак, для спеціалістів цукрових заводів, з нашого погляду, недостатньо інформації для їх професійного вибору. Для вирішення цієї проблеми нами пропонується короткий огляд методів оцінки конструктивних особливостей вакуум-апаратів періодичної дії [1].

Найбільш часто вживаним типом вакуум-апаратів за кордоном є апарати з вмонтованою камерою нагріву, що обумовлює форму циркуляції утфелю як показано на схемі (рис. 1 а). Зустрі-

чаються вакуум-апарати як із підвісною камерою нагріву (рис. 1 в), так і з камерою, яка забезпечує так званий «флотаційний» режим циркуляції утфелю [2]. Як правило, вакуум-апарати розробляються під конкретний тип утфелю, що обумовлюється його фізико-хімічними характеристиками.

Основні критерії для оцінки вакуум-апаратів періодичної дії можна класифікувати за наступними критеріями [1, 2]:

- рівень гідростатичного тиску (оптимальне значення-максимально високе);
- об'єм початкового набору в апарат сиропу або відтоку, якого повинно бути не більш ніж 30-35% від загального об'єму уварюваного утфелю;

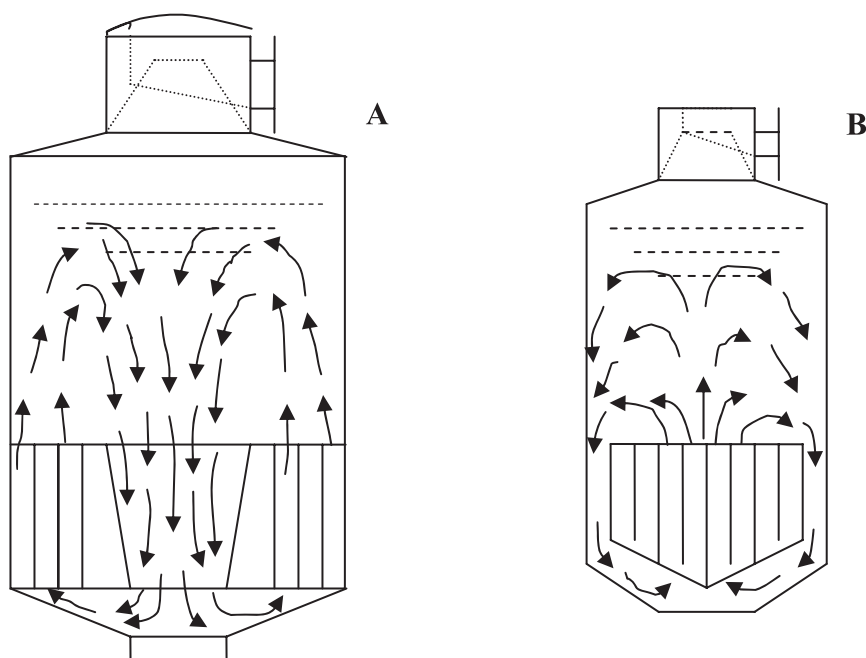


Рис. 1. Схема циркуляції у вакуум-апараті з вмонтованою (А) і підвісною камерою нагріву (В).

- швидкість випарювання води в процесі уварювання даного типу утфелю повинна відповідати швидкості кристалізації цукрози;

- кожен апарат повинен мати величину вакууму, котрий повинен відповідати найбільш високому значенню циркуляції уварюваного утфелю, і відповідати максимальній швидкості кристалізації цукрози.

Для розрахунку втрат гідростатичного тиску в конкретному вакуум-апараті використовують відоме рівняння Пуазейля [2]:

$$q = \frac{\pi p g d^4}{128 \mu L} \quad (1)$$

Де: q – об'єм потоку утфелю, p – падіння тиску через втрати на тертя, g – прискорення земного тяжіння, d – діаметр труб поверхні нагріву, μ – динамічна в'язкість утфелю, L – довжина труб поверхні нагріву.

Якщо прийняти для конкретного випадку величини g , μ та L постійними, отримуємо спрощену формулу для отримання величини втрат тиску:

$$q = C p d^4 \quad (2)$$

Де: C – включає всі постійні величини.

Для розрахунку падіння тиску при проході утфелю через поверхню нагріву вакуум-апарату допустимо рівність потоків утфелю при руху цього потоку вгору і вниз. Тоді падіння тиску при проході утфелю через трубу поверхні нагріву (p_1) можна визначити по формулі:

$$p_1 = \frac{Q}{n C d^4} \quad (3)$$

Де: Q – об'єм потоку утфелю через труби поверхні нагріву, n – кількість труб в поверхні нагріву вакуум-апарату.

Падіння напору при проході утфелю через центральну опускную трубу апарату (p_2) можна визначити з формули:

$$p_2 = \frac{Q}{C D^4} \quad (4)$$

Де: D – внутрішній діаметр опускної труби вакуум-апарату.

Для отримання максимально низьких втрат гідростатичного напору в вакуум-апараті значна увага приділяється розрахунку діаметру опускної труби, для визначення розміру якої пропонується два підходи: через падіння напору та через ве-

личину відношення сумарної поверхні труб поверхні нагріву (F_1) до площі трубної решітки (F_2). В першому випадку виходять із того, що падіння напору в циркуляційній трубі повинно бути мінімальним. Для його розрахунку використовують залежність:

$$p_1 = \varphi p_2 \quad (5)$$

Де: φ – деякий емпіричний коефіцієнт пропорційності.

Підставивши в рівність 5 значення p_1 (формула 3) і p_2 (формула 4) отримуємо значення внутрішнього діаметру опускної труби:

$$D = d \sqrt[4]{\varphi n} \quad (6)$$

У другому випадку, використовують відношення:

$$\kappa = \frac{F_1}{F_2} = \frac{n d^2}{(D_1^2 - D^2)} \quad (7)$$

Де: D_1 – діаметр вакуум-апарату на рівні трубної решітки, n – кількість труб гріючої поверхні.

З рівності 7 отримують діаметр опускної труби (D):

$$D = \sqrt{D_1^2 - \frac{n}{\kappa} d^2} \quad (8)$$

Знаючи діаметр центральної опускної труби, розраховують циркуляційне відношення (ε), яке є дуже важливим критерієм для оцінки ефективності вакуум-апарату для уварювання даного типу утфелю.

$$\varepsilon = \frac{D}{D_1} \quad (9)$$

Зв'язок між циркуляційним відношенням та іншим відношенням (ρ , κ), які характеризують експлуатаційні якості даного вакуум-апарату, розраховують по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt[3]{\rho \sqrt{2\kappa}} - \rho \frac{\sqrt{2\kappa}}{3} \quad (10)$$

Де: ρ – відношення внутрішнього діаметру труб поверхні нагріву до діаметру вакуум-апарату на рівні трубної решітки.

Іноді циркуляційне відношення розраховують як відношення площі труб поверхні нагріву до площі центральної опускної труби.

$$\varepsilon^* = n \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (11)$$

Таблиця 1

№ п/п	Тип уварюваного утфелю	Оціночний час уварювання, год.	Відношення (S/V) м ² /м ³
1	Уварювання рафінадного утфелю	2	9,84
2	Уварювання утфелю I-го продукту	2,5-3,0	8,2
3	Уварювання утфелю II-го продукту	3-5	5,91
4	Уварювання утфелю III-го продукту	8-12	4,92

Закордонні спеціалісти вважають, що оптимальна величина циркуляційного відношення вакуум-апарату повинно витримуватись в межах 45-55%. В цьому випадку швидкість циркуляції у вакуум-апараті на початку уварювання (Чистота утфелю ~ 96%) буде досягати - 1,8 м/сек, а в кінці - 0,25 м/сек. При зниженні чистоти утфелю до ~ 80% швидкість циркуляції на початку уварювання може досягати 0,35 м/сек, а в кінці 0,01 м/сек.

Для оцінки ступеня виконання умов відповідності швидкості випарювання води в процесі уварювання даного типу утфелю і швидкості кристалізації цукрози використовують відношення (S/V_n) поверхні нагріву (S) до його робочого об'єму (V_n). Це надзвичайно важливий фактор залежить як від конструктивних рішень, викорис-

таних в даному вакуум-апараті, так і від експлуатаційних умов його використання. В тому числі від параметрів використаної пари та типу уварюваного утфелю. У якості прикладу впливу на цей фактор типу утфелю приведемо дані наведені в довіднику для цукрової промисловості, яка переробляє тростину [4]:

Аналогічні або близькі значення характеристичних параметрів S/V_n і ε мають вакуум-апарати, які виробляють в деяких державах Західної Європи (таблиця 2), які переробляють буряки, та в Японії (таблиця 3).

Модельний ряд вакуум-апаратів, які виробляються фірмою ТОВ «ТМА»

Для вакуум-апаратів з циркулятором, які виробляються державами СНД (таблиця 4, позиції

Таблиця 2

Характеристичні параметри вакуум-апаратів, вироблених в Німеччині та Данії

№ П/п.	Тип уварюваного утфелю	Німеччина БМА, 90 тонн		Данія, DdS, кількість утфелю в вакуум-апаратах, тонн					
		S/V _n м ² /м ³	ε	35	50	60	75	90	
				S/V _n м ² /м ³	S/V _n м ² /м ³	S/V _n м ² /м ³	S/V _n м ² /м ³	S/V _n м ² /м ³	ε
	Кристалізація-I	6.33	0.489	5.7	6.0	6.0	5.7	5.5	0.418
	Кристалізація-II	5.67	0.489	-	-	-	-	-	-
	Кристалізація-III	5.0	0.448	-	-	-	-	-	-

Таблиця 3

Характеристичні параметри вакуум-апаратів типу TSK (Японія)

№ п/п	Тип уварюваного утфелю	Маса утфелю в вакуум-апаратах типу TSK (Японія), тонн									
		60		85		115		145		175	
		S/V _n м ² /м ³	ε	S/V _n м ² /м ³	ε	S/V _n м ² /м ³	ε	S/V _n м ² /м ³	ε	S/V _n м ² /м ³	ε
1	Кристалізація-I	5.4	0.5	5.7	0.42	5.63	0.36	5.59	0.323	5.55	0.296
2	Кристалізація-II	4.8	0.54	5.09	0.44	5.01	0.38	4.97	0.344	4.94	0.313
3	Кристалізація-III	4.3	0.54	4.55	0.44	4.49	0.38	4.45	0.338	4.42	0.309

Таблиця 4

Параметри вакуум-апаратів з вмонтованою камерою нагріву, які використовуються на цукрових заводах СНД [3]. (D_{TR} - діаметр опускної труби, D_{VA} - діаметр вакуум-апарату, $h.s$ - поверхня нагріву, m^2 , v - об'єм уварюваного утфелю, m^3)

№, п/п	Тип вакуум-апаратів	Маса утфелю, тонн	ϵ	S/V_{II}
1	A2-ПВР-15	15	0,29	8,1
2	A2-ПВР-30	30	0,375	8,1
3	A2-ПВР-40	40	0,397	7,14
4	A2-ПВР-80	80	0,18	7,05
5	BA2-B60	60	0,4	6.25
6	ПВП-40	40	0,42	6,96
7	BAВ-60	60	0.35	8.03
8	BAВ-80	80	0,32	7,0
9	BAЦМ-40*	40	0.41	6.86
10	BAЦМ-60*	60	0.39	6.83
11	ЯBAЦ-400	40	0.445	9.32
12	BAМВ-60	60	0,34	8.52

9-11), характеристичні параметри відмінні від закордонних в першу чергу по значно більшій поверхні нагріву, що може приводити до не співпадання відповідності між швидкістю випарю-

вання води та швидкістю кристалізації цукрози та більш низьким циркуляційним числом. Крім того, на жаль, в рекламних проспектах виробники не надають інформації, який тип утфелю ре-

Таблиця 5

Характеристичні параметри вакуум-апаратів з підвісною камерою нагріву, які змонтовані на цукрових заводах СНД [3]

№ п/п	Тип вакуум-апаратів	Маса утфелю	ϵ_1	S/V_{II}	D_{TR}/D_{VA}	$h.s/v$ m^2/m^3
1	BAА-400	40	0,271	6,07	21,53	6,16
2	BAА-600	60	0,298	7,5		
3	BAМЦ-600	60	0,287	7,63	44,27	7,37
4	BAЦ-600	60	0,197	7,5		
5	BAЦ-800	80	0,214	7,47		
6	Ж4-ПBA-40	40	0,228	7,14		7,25
7	ЯBA-400	40	0,239	7,21	22,86	8,08
8	ЯBA-400M	40	0,239	7,61		
9	ЯBA-600	60	0,201	8,15	20,0	7,93
10	ЯBA-600M	60	0,217	8,15		
11	ЯBA-800	80	0,22	7,86		
12	A2-ПBE-40	40	0,184	8,04		
13	A2-ПBE-60	60	0,148	7,7		
14	A2-ПBE-80	80	0,148	7,25		
15	Л4-ПУ-2A-60	60	0,191	7,5		
16	ПBA-400(40)	40	0,228	7,14		
17	BAР-75	7,5	0,4	7,62		
18	BAР-150	15	0,264	7,0		

комендується для уварювання на даному типі вакуум-апарату.

На цукрових заводах держав СНД все ще продовжують використовувати вакуум-апарати з підвісною камерою, характеристичні показники яких відповідають наведеному в **таблиці 5** вітчизняним апаратам з вмонтованою камерою. Для цих вакуум-апаратів розрахунок циркуляційного числа (ε_1) проводили як відношення сумарної поверхні опускної труби вакуум-апарату до поверхні кільця між корпусом апарату і камерою нагріву до площі вакуум-апарату на рівні камери нагріву.

$$\varepsilon_1 = \frac{(f_1 + f_2)}{f_3} = \frac{[(D^2 - D_2^2) + D_1]}{D^2} \quad (12)$$

Де: f_1, f_2, f_3 - площа розрізу опускної труби, кільця вакуум-апарату на рівні поверхні нагріву, D_1 - діаметр поверхні нагріву вакуум-апарату з підвісною камерою нагріву.

Характерним недоліком тих вакуум-апаратів є дуже низьке циркуляційне відношення - в межах 0.19-0.25, що призводить до деяких технологічних недоліків при спробі уварювати утфель до високої концентрації, що пов'язане із складнощами при випуску утфелю з таких апаратів. Це призводить до того, що при експлуатації таких апаратів, важко зменшити вихід меляси.

Крім того, як і апарати з вмонтованою камерою нагріву, вони відрізняються високою поверх-

нею нагріву, що може призводити до відсутності відповідності між швидкістю випарювання води та швидкістю кристалізації.

Таким чином, вакуум-апарати, які вироблялися на вітчизняних машинобудівних заводах, а деякі з них продовжують вироблятися, по своїх якісних характеристиках (**табл. 4-5**) відрізняються від закордонних моделей (**табл. 1-3**), на жаль, в гіршу сторону. І таку різницю, на наш погляд, потрібно враховувати. В першу чергу при їх реконструкції, наприклад, при встановленні механічних циркуляторів. ■

Список використаних джерел

1. Белостоцкий Л.Г. Кот Ю.Д. Рациональные типы вакуум-аппаратов периодического действия. - Сахарная промышленность 1972. - №6. - С. 19.
2. При підготовці цього огляду використовувались роботи А.Л. Вебрэ, П.Г. Райта, Е.Т. Уайта, Д.Г. Фостера, які друкувалися в «Трудах общества сахаротехников Австралии», в Трудах конгресів цукротехніків тростинної промисловості в 70-80 роках, та в журналах Sugar Journal, The International Sugar Journal, ZuckerIndustrie в 70-80 роках.
3. E.Hugot Handbook of cane sugar engineering, Second edition. Elsevier Scientific Publ. Co. 1972. 1079p.
4. Spenser G.L. Meade G.P. Manual del Azucar de Caña (1967) Edicion Revolucionaria 815p.

Цікаві новини

Найцікавіші факти про глюкозу



- Глюкоза - основне і найбільш універсальне джерело енергії в організмі людини та тварин.
- При правильному протіканні обмінних процесів, глюкоза перетворюється в глікоген і накопичується в печінці. Це резерв, який витрачається під час стресів, фізичних навантажень, і при бігу це особливо відчутно.
- У тварин, глюкоза допомагає пережити заморозки. З настанням холодів у крові жаби в 60 разів збільшується кількість глюкози. Це перешкоджає утворенню усередині організму кристаліків льоду.

- Першовідкривачем глюкози є англійський лікар - Вільям Праут (1802 рік).
- У 1819 році глюкоза була отримана з деревної тирси.
- У промисловості, глюкозу отримують гідролізом целюлози та крохмалю.
- Глюкоза утворюється в рослинах в процесі фотосинтезу.
- У тварин, глюкоза депонується у вигляді глікогену, у рослин - у вигляді крохмалю.
- Глюкозу застосовують при інтоксикації (наприклад при інфекції або харчовому отруєнні).
- Низький рівень глюкози в крові впливає на здатність до самоконтролю та концентрацію.

Джерело: topfacts.info