

ТЕМПЕРАТУРНІ ДЕПРЕСІЇ У ВИПАРНИХ ТА ВАКУУМ-АПАРАТАХ

Штангеев Костянтин Остапович, зав. кафедри, доц., к.т.н.
ІПДО Національний університет харчових технологій.

Випарні установки цукрових заводів працюють в обмеженому температурному діапазоні: температура кипіння в 1 корпусі не повинна перевищувати 126-131 °С, оскільки цукровий сік є термолабільним розчином. В останніх корпусах температура вторинної пари не повинна бути нижчою аніж 80-85 °С для того, щоб була можливість застосовувати її для нагрівання напівпродуктів цукрового виробництва. Тобто загальний перепад температур у випарній установці становить 40-50 °С.

З точки зору підвищення теплової економічності йдуть на створення випарних установок з 5...6 и навіть 7 ступенями випаровування. Але при зростанні числа корпусів зменшується температурний перепад для окремого корпусу, а відтак для забезпечення необхідної теплової продуктивності застосовують дубльовані випарні апарати. Відповідно зростають капіталовкладення та час перебування розчину під дією високих температур, що негативно впливає на технологічну якість отриманого сиропу, веде до надмірних втрат цукрози від термічного розкладення.

Тому для ефективної роботи випарної установки важливим є раціональне використання та розподіл по корпусах наявного температурного перепаду та мінімізація його втрат, які можуть значною мірою зменшити корисну різницю температур.

Для випарних установок цукрового виробництва мається 4 види втрат корисної різниці температур:

- гідростатична температурна депресія;
- фізико-хімічна температурна депресія;
- втрати температури, пов'язані з аеродинамічним опором паропроводів між корпусами випарної установки;
- втрати температур, пов'язані з накипоутворюванням.

Гідростатична температурна депресія

Вона виникає в випарних апаратах з природною циркуляцією внаслідок підтримання оптимального рівня соку в випарних апаратах. Величина цього рівня в виробничих умовах може складати від 1 до 3 м, і відповідно тиск під нижньою трубною решіткою зростає на 10-40 кПа (0,1-0,4 кгс/см²). У відповідності із термодинамічними властивостями води [1] зростає температура кипіння рідини, відбувається перегрівання соку і зменшення в нижній частині теплообмінних труб корисного перепаду температур.

Ілюстрацією величин гідростатичної депресії можуть бути результати випробовувань випарної установки фірмою ВМА на одному із цукрових заводів ФРН (табл. 1), оснащених випарними апаратами із природною циркуляцією [2].

Таблиця 1.

Температури та різниці температур по корпусам випарної установки [2]

Номер корпусу ВУ	Одиниці виміру	1	2	3	4	5
Тиск гріючої пари	бар	2,827	2,356	1,920	1,496	1,093
Температура гріючої пари	°С	131,53	125,49	118,95	111,29	102,14
Тиск вторинної пари	бар	2,376	1,940	1,516	1,113	0,705
Температура вторинної пари	°С	125,76	119,27	111,69	102,65	90,15
Фізико-хімічна температурна депресія	°С	0,69	0,93	1,43	2,48	4,71
Температура кипіння	°С	126,45	120,20	113,12	105,13	94,86
Корисна різниця температур	°С	5,08	5,29	5,83	6,16	7,28
Висота теплообмінних труб	м	4,2	3,2	3,2	3,0	2,7
Підвищення тиску в підтрубному просторі	бар	0,180	0,160	0,188	0,216	0,226
Гідростатична температурна депресія	°С	2,40	2,51	3,55	5,13	7,50
Температура насичення в підтрубному просторі	°С	128,85	122,71	116,67	110,26	102,36
Різниця температур на вході в теплообмінні труби *)	°С	2,68	2,78	2,28	1,03	-0,22
Втрата температури між корпусами	°С	0,27	0,32	0,40	0,51	

*) Різниця між температурою гріючої пари та температурою насичення розчину.

В вакуум-апаратах вплив гідростатичної депресії значно більший і підвищення температури кипіння в підтрубному просторі може зростати від 8-9 °С на початку варки до 20 °С наприкінці циклу.

Слід зазначити, що у плівкових випарних апаратах з гравітаційно стікаючою плівкою розчину гідростатична

температурна депресія відсутня, що є однією з переваг цих апаратів поряд з високими теплотехнічними показниками та малою тривалістю процесу.

Фізико-хімічна температурна депресія.

Вона виникає при випаровуванні розчинів. Цукровий розчин складається із води, яка є летючим компонентом, та не летючих компонентів – цукрози і розчинних нецукрів. Відповідно до термодинаміки розчинів тиск водяної пари над розчином буде менший на величину пропорційну молекулярній концентрації цукру та нецукрів [3]. Оскільки тиск насиченої водяної пари і її температура одночасно зв'язана [1], то і температура вторинної пари над киплячим цукрових розчином буде нижчою. Ця різниця між температурою кипіння розчину і температурою пари і називається фізико-хімічною температурною депресією. Основним фактором, що впливає на її величину є концентрація сухих речовин у розчині.

Розрахункові залежності і значення величин фізико-хімічної температурної депресії маються в роботі [3], а ілюстрацією їх величин – данні, наведені в таблиці 1. В вакуум-апаратах величина фізико-хімічної депресії може досягати 12-15 °С і суттєво впливати на їх режим роботи.

Втрати температури, пов'язані з аеродинамічним опором паропроводів між корпусами випарної установки.

Вторинна пара, що утворилася при випаровуванні розчину у випарному апараті проходить через сепараційні пристрої та систему паропроводів в парову камеру випарного апарату наступного корпусу.

Всі ці елементи створюють певний аеродинамічний опір і тому тиск вторинної пари над киплячим розчином буде завжди вищий, аніж тиск пари в гріючій камері наступного корпусу. Оскільки тиск і температура насиченої пари однозначно пов'язані, відповідно до [1] із зменшенням тиску пари зменшується і температура її конденсації. В таблиці наведено величини цих втрат температур для конкретної випарної установки (остання строчка). Слід зазначити, що їх величини близькі до мінімальних. Для випарних установок в наших умовах нормативна величина таких втрат температури становить 1 °С, а по результатам випробовувань у виробничих умовах зустрічалися перепади температур у паропроводах між корпусами на рівні 1,5 °С і навіть вище.

Мінімізація температурних втрат у випарних установках та при уварюванні утфелів є однією із складових забезпечення

економічності тепловикористання в технологічному процесі та поліпшення якості готової продукції.

Література

1. Вукалович М.П., Рывкин С.Л., Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара.–М.: Издательство стандартов,1969.–408 с.

2. Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture// [P.W van der Poel, H. Schiweck, T. Shwartz ets all.]– Berlin: Bartens KG, 1998.–1102 s.

3. Штангеев К.О., Штангеева Л.І. Розрахунок величини фізико-хімічної депресії цукрових розчинів з застосуванням коефіцієнту активності.– Збірник наукових праць Інституту післядипломної освіти НУХТ, Київ, НУХТ, 2004, с. 54-60.