

Удосконалення процесів кондиціонування повітря в системах пророщування солоду

Ковбаса В.М., доктор технічних наук, **Шевченко О.Ю.**, доктор технічних наук, **Піддубний В.А.**, кандидат технічних наук
Національний університет харчових технологій

Підлісний В.В.,
Подільський державний аграрно-технічний університет

Відомо про технологічних регламентів при пророщуванні перерабається ступінчаста зміна температур солоду від 12 до 17-18°C. Ця зміна має приблизно добове відображення. Початкова температура аерофітного повітря на 1,5-2°C менша за темпе-

ратуру пророщуваного солоду. Тому традиційно для солоду кожної доби пророщування необхідно забезпечити конкретне значення температур повітря при $\phi = 100\%$. Це вимагає винаєж використання камер кондиціонування повітря у кількості, що відповідає чи-

слуб пророщування. Відрацьовані потоки повітря у більшості випадків зміщуються у відвідних колекторах або у приміщеннях солодовень, і надалі доцільно вирішувати питання про раціональне співвідношення рециркуляційних режимів [1-3].

При використанні барабаних складовирощувальних апаратів існує можливість іншої системи аерації, яка б передбачала послідовний перекид вхідного потоку повітря через кілька або навіть всі всім барабани (рис. 1).

За запропонованою схемою в експлуатації знаходиться одна камера кондиціонування повітря. Й одночасно існує можливість використання рекуперації частини повітряного потоку. Початкова підготовка повітря (з охолодженням або нагріванням) здійснюється за рахунок використання теплохолодильної установки (ТХУ).

Енергетичні витрати, пов'язані з нагріванням або охолодженням вхідного повітряного потоку, складають велику частку загальних енергетичних потреб. Використання рекупераційних режимів дозволяє скоротити їх на 60-75% порівняно з роботою без енергозберігаючого прийому [4].

Проте, частка рекупераційного потоку повітря обмежується у зв'язку із забезпеченням доставки кисню і відведення CO₂, генерованого за рахунок розкладання органічних сполук сухих речовин. Діоксид вуглецю, як газ з близькою об'ємною масою порівняно з азотом і киснем, залишається в зоні діючого синтезу, а з початком аерації за рахунок механічного перемішування переходить до газового потоку. В рекупераційній частині повітря у зв'язку з цим зменшується частка кисню і збільшується частка CO₂.

В інтересах обмеження енергетичних витрат рівень рекуперації доцільно підвищувати, проте, зміна

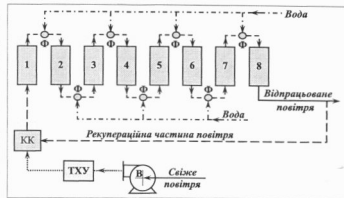


Рис. 1. Схема аерації барабанної соподиною: 1-8 – барабан; КК – камера кондиціонування; ТХУ – теплохолодильна установка; В – вентилятор; Ф – форсунки

хімічного складу повітря таке підвищення злітсує.

У зв'язку з викладеним у цьому дослідженні розглядаються можливості підвищення рівня рекупераційної частки повітря, що подається на аерацію пропущеного солю.

Часткове віднесення, пов'язане з вилученням діоксиду вуглецю з рекупераційної частки потоку повітря, досягається за рахунок відведення його в камеру кондиціонування, як це показано на схемі (рис. 1). Для покращення рівня сорбції CO₂ пропонується загальний об'єм камери кондиціонування поділити на дві частини, в яких відбувається окремо взаємодія газових потоків з розчиненою дрібнодисперсною фракцією води (рис. 2).

Розкил води здійснюється через форсунок, змонтовані у верхній

частині обох зон, а відведення повітря здійснюється з нижніх частин. Результатом такої компоновки є реалізація проточку і кращий рівень масообміну. Відведення залишків води з нижніх частин обох зон здійснюється через гідрозатори, які забезпечують первинну взаємодію вхідних повітряних потоків з водою на рівні барботажу. В сорбційній зоні камери відбувається вилучення CO₂ з повітря і донасичення останнього до відносної вологості φ = 100%.

У верхній частині КК здійснюється змішування двох газових потоків. Окрім того, в нижній частині сорбційної зони відбувається масообмін і сорбція діоксиду вуглецю за рахунок барботажу та за рахунок масопередавання через повільну поділу рідинної та газової фаз.

Визначимо співвідношення матеріальних потоків, за яких вирішується задача сорбції CO₂ зрошувальним потоком води. Відомо, що кількість утвореного діоксиду вуглецю пов'язана з ітратями СР і за час пропущування 1000 кг зерна виділяється 117,3 кг CO₂. Мінімальну кількість води m_{вод}, що має за цикл пройти в режимі масообміну з рекуперованим повітрям, знаходять за формулою:

$$m_{(a)} = \frac{kG_{CO_2}}{C_{(CO_2)}} \quad (1)$$

де k – коефіцієнт рекуперації повітряного потоку;

■ G_{CO₂} – кількість діоксиду вуглецю, що виділяється в ітвалі з 1000 кг зерн;

■ C_(CO₂) – константа насичення води діоксидом вуглецю за визначених

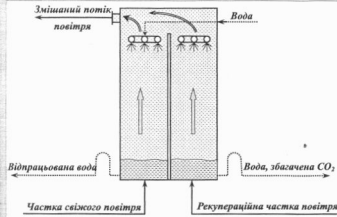


Рис. 2. Схема камери кондиціонування із секцією сорбції CO₂

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ

тиску і температури в камері кондиціонування.

Величина константи насичення визначається за формулою Генрі:

$$c_{\text{CO}_2} = k_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2} \quad (2)$$

де k_{CO_2} – константа Генрі;
 P_{CO_2} – парціальний тиск CO_2 у рециркуляційному повітрі.
 Знайти знайдемо

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{k_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{k_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}} \quad (3)$$

Парціальний тиск CO_2 , що входить до суміші повітря:

$$P_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2} \frac{R_{\text{CO}_2}}{R_{\text{см}}} P \quad (4)$$

де m_{CO_2} – масова доля діоксиду вуглецю; визначається співвідношенням маси CO_2 , що входить до суміші, до маси всієї суміші;

R_{CO_2} – газове співвідношення діоксиду вуглецю;
 $R_{\text{см}}$ – газова стала суміші газів;
 P – тиск газів суміші.
 У відповідності до зв'язку Дальвома:

$$P = P_{\text{O}_2} + P_{\text{CO}_2} + P_{\text{N}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} \quad (5)$$

Значення газової сталої суміші $R_{\text{см}}$ виражаємо через газові сталі окремих компонентів:

$$R_{\text{см}} = \sum m_i R_i = m_{\text{O}_2} R_{\text{O}_2} + m_{\text{CO}_2} R_{\text{CO}_2} + m_{\text{N}_2} R_{\text{N}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} R_{\text{H}_2\text{O}} \quad (6)$$

Масові долі компонентів:

$$m_{\text{O}_2} = \frac{M_{\text{O}_2}}{M}; \quad m_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{M}; \quad m_{\text{N}_2} = \frac{M_{\text{N}_2}}{M}; \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M} \quad (7)$$

де M_{O_2} , M_{CO_2} , M_{N_2} та $M_{\text{H}_2\text{O}}$ – маси окремих газів;

M – маса всієї суміші.

Підставимо (4) та (5) до умови

(3) одержуємо:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{k_{\text{CO}_2} R_{\text{CO}_2}}{k_{\text{CO}_2} m_{\text{CO}_2} R_{\text{CO}_2} + m_{\text{O}_2} R_{\text{O}_2} + m_{\text{N}_2} R_{\text{N}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} R_{\text{H}_2\text{O}}} P \quad (8)$$

Знайдені співвідношення дають

можливість визначитися з величинами матеріальних потоків повітря і води, які супроводжують процеси пророщування солоду. Окрім того, досягається можливість оцінки рівня

десорбції CO_2 з повітряної фази в її рециркуляційній частині. Таким чином, необхідність обмеження рівня рециркуляції повітряного потоку пов'язана лише з доставкою кисню.

Загальна кількість останнього за умови використання на джерело 8%

СР у розрахунок на 1000 кг солоду становить близько 86 кг. Якщо коефіцієнт використання кисню при про-

ходженні шару солоду складає 1%, то для доставки 86 кг O_2 необхідно

пропустити через нього повітря:

$$\Pi = \frac{86}{1,29 \cdot 0,23 \cdot 0,01} = 28986 \text{ м}^3/\text{год} \quad (9)$$

В розрахунок на 1 год аерації в безперервному режимі отримуємо:

$$\Pi_{\text{см}} = \Pi \cdot 8,8 = 9660 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (10)$$

де 8 – кількість барабаних солодопророщувальних пристроїв.

Висновки

Висновки дослідження дозволяють відзначити таке:

1. Показано можливість вивчення діоксиду вуглецю з рециркуляційної частини повітря, що дозволяє суттєво підвищити рівень рециркуляції.

2. Одержано оцінку енергетичних витрат, пов'язаних з кондиціонуванням повітря, показано можливість зменшення загальної кількості повітря, яке використовується для аерації зернової маси за рахунок його послідовного пропускання через солодопророщувальний пристрій.

3. Показано, що тепломісткість газового потоку мало залежить від зміни часток кисню і діоксиду вуглецю, і пропонується у першому наближенні вважати її сталим параметром.

Література

1. Демарцевий В.А. Технологія солоду та пива. – К.: "Урожай", 1999. – 537 с.

2. Кашурин А.П. Разработка способов интенсификации, оптимизации, повышения эффективности процессов и аппаратов солодового производства. Автореф. дисс. д-ра техн. наук.

3. Колотуша П.В. Технологія солоду. – К.: Ін-т техн. дослід. освіт., 1993. – 136 с.

Сокотенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. Транспортно-технологічні системи пивзаводів. – К.: "АртЕк", 2002. – 304 с.

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{\Pi}{1,92} = \frac{28986}{1,92} = 151 \text{ м}^3/\text{год},$$

де 1,29 – маса 1 м³ повітря; 0,23 – масова доля кисню у 1 м³ повітря; 1,92 – кількість газів пророщування за 8 дб.

Для випадку, наприклад, барабанної солодопророщування 8000 кг солоду в кожному повіні витрати повітря складуть:

$$\Pi_{\text{см}} = \Pi \cdot 8,8 = 9660 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (10)$$

де 8 – кількість барабаних солодопророщувальних пристроїв.