

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОКІВ У ВИХРОВОМУ КОНВЕКЦІЙНОМУ АПАРАТІ

Кирильчук С.Л., студ.,
Перекрест В.В., асист.,
Перекрест Н.Г., асист.

Донецький національний університет економіки і торгівлі
ім. М. Туган-Барановського, м. Кривий Ріг

На сьогодні концентрати фруктових і овочевих соків, будучи основою виробництва багатьох безалкогольних напоїв, мають попит. Основним способом їх отримання є випарювання, яке завжди призводить до негативних фізико-хімічних змін початкового соку, що примушує шукати принципово нові технології й устаткування, що забезпечують гарні смакові якості кінцевого продукту. Устаткуванням для концентрації рідин є конвекційний апарат із тангенціально-лопатковим завихорювачем потоку газу.

Апарат для концентрації соків у закрученому газовому потоці

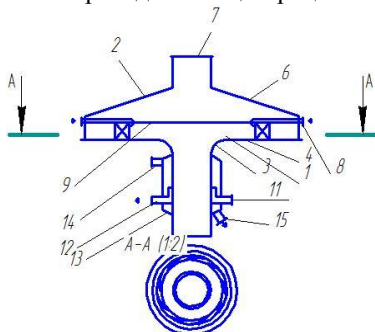


Рис. Конвекційний апарат для концентрування соків: С – сік; Г – газ; ОА – охолоджувальний агент, К – концентрований сік, 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – днище; 4 – тангенціальний завихорювач; 5 – лопаті; 6 – газорозподільний пристрій; 7 – патрубок введення газу; 8 – патрубок введення рідини; 9 – трубчастий зрошувач; 10 – патрубок виходу газу; 11 – щільний відсікач; 12 – патрубок виходу концентрату; 13 – охолоджуюча сорочка; 14, 15 – технологічні патрубки

працює таким чином (рис.). Гріючий газ, що є пароповітряною сумішшю, нагрітий у калорифері, подається через патрубок газорозподільного пристрою в камеру. Проходячи через тангенціально-лопатковий завихорювач, газ закручується, і в робочій зоні камери утворюється потік, що обертається. Підведення соку здійснюється через патрубки в кільцевий трубчастий зрошувач, розташований усередині робочої камери. Рідкий продукт дробиться високошвидкісним потоком газу на краплі, утворюючи газорідинний шар, що обертається. Така взаємодія забезпечує високу тепломасообмінну ефективність процесу випару води з поверхні крапель, що сприяє

інтенсифікації процесу концентрації. Насичений вологою газ видаляється через центральний вихідний патрубок. Де краплі рідини відділяються від газового потоку, рідина через щілинний відсікач потрапляє в зливну склянку, звідки самопливно виводиться з камери. Щоб запобігти розкладанню вітамінів і інших корисних речовин, а також пригоранню продукту і карамелізації цукрів, стінка вихідного патрубку постійно охолоджується.

Рух краплі рідини в нерухомій циліндричній системі координат у вихровій камері описувався системою рівнянь

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dV_r}{d\tau} &= \frac{V_\varphi^2}{r} + \frac{3\rho_r}{4\rho_p} C_a \frac{V_{отн}}{a} (W_r - V_r); \\ \frac{dV_\varphi}{d\tau} &= -\frac{V_r V_\varphi}{r} + \frac{3\rho_r}{4\rho_p} C_a \frac{V_{отн}}{a} (W_\varphi - V_\varphi); \\ \frac{dV_z}{d\tau} &= g + \frac{3\rho_r}{4\rho_p} C_a \frac{V_{отн}}{a} (W_z - V_z); \quad \frac{dr}{d\tau} = V_r; \quad \frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{V_\varphi}{r}; \quad \frac{dz}{d\tau} = V_z; \\ \frac{da}{d\tau} &= -2 \frac{\beta_y}{\rho_p} (y_s - y) \end{aligned} \right.$$

де r, φ, z – циліндр. координати; V_r, V_φ, V_z – компоненти вектора абс. швидкості краплі; W_r, W_φ, W_z – компоненти вектора швидкості газу;

ρ_r, ρ_p – щільність газу і рідини; C_a – коеф. лобового опору краплі; β_y – коеф. масовіддання; y_s, y – концентрація пари.

У ході розрахунків визначалася поведінка крапель, що випаровувалися, за часом залежно від діаметра крапель, кратності циркуляції рідини, початкової швидкості дисперсної фази й температури повітряного середовища. За результатами проведеного чисельного експерименту руху крапель соку під час випару в конвекційному апараті з тангенціально-лопатковим завихорювачем можна зробити такі висновки: 1) зі збільшенням кратності циркуляції по концентрованій рідині від 0 до 5 час випару крапель різного діаметра знижується в середньому в 8,8 разу; 2) зменшення відносної висоти робочої зони апарата спостерігається за зростання середньовидаткової швидкості газу в живому перерізі завихорювача, за зменшення кута нахилу профільованих лопатей завихорювача і співвідношення масових витрат рідини й газу для різних початкових діаметрів крапель рідини; 3) звуження кільцевого краплинного шару рідини, що обертається, за збільшення кратності циркуляції вимагає забезпечення початкової тангенціальної складової швидкості крапель, близької до тангенціальної швидкості газового потоку, для «плавнішого» виходу на рівноважну траєкторію; 4) температура пароповітряного середовища в межах $(105 \pm 25)^\circ\text{C}$ за кратності циркуляції $D_{ор} \geq 2$ не робить істотного впливу на геометрію камери.