

УДК 66.063

О.Д. Клименко, Е.Л. Селезньов

Луцький національний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК БАРАБАННОГО ВАКУУМ-ФІЛЬТРА

У роботі розглядається методика автоматизованого розрахунку барабанного вакуум-фільтра.

Ключові слова: барабанний вакуум-фільтр, блок-схема, автоматизований розрахунок.

Постановка проблеми. Фільтрування застосовують у багатьох галузях промисловості, коли необхідно виконувати розділ неоднорідних систем. Фільтрування базується на затримуванні твердих зважених частинок пористими перегородками, здатними пропускати рідину і затримувати частинки твердої фази. У результаті безпосереднього контакту суспензії з поверхнею пористої перегородки і різниці тисків до і після перегородки дисперсійне середовище проходить через пори і збирається у вигляді звільненого від твердих частинок фільтрату, а тверді частки затримуються на поверхні перегородки, утворюючи шар осаду, що потім видаляється. Під час фільтрації рідке дисперсійне середовище повинне перебороти гідравлічний опір, створений фільтруючою перегородкою [1].

Сучасна теорія фільтрування базується на законах капілярної гідравліки, які виражаються законами Дарсі і Нав'є-Стокса.

При розрахунку технологічних параметрів процесу фільтрування і конструктивних елементів різного виду фільтрів доводиться виконувати великий об'єм розрахунків. Автоматизація таких розрахунків є актуальною проблемою технологічного і конструкторського проектування.

Основна частина. Розрахунок барабанного вакуум-фільтра (БВФ) зводиться до визначення тривалості процесу фільтрування, габаритних розмірів фільтра і потужності приводу. Для його здійснення необхідно розрахувати характеристики середовищ, що переробляються: концентрацію, густину, опір (осідання). Розрахункова схема БВФ показана на рис. 1.

Послідовність розрахунку барабанного вакуум-фільтра.

1. Кількість твердої фази, що відкладається на фільтрі $1/м^3$ фільтрату $c = \frac{\rho_\phi}{\frac{1}{c_1} - \frac{1}{c_2}}$, де

c_1 – вміст твердої фази у фільтрованій суспензії, $кг/кг$; c_2 – вміст твердої фази у вологому осаді перед просушуванням, $кг/кг$; ρ_ϕ – густина рідкої фази суспензії, $кг/м^3$.

2. Середній питомий опір осаду $r_m = r_{mi} \cdot j$, де r_{mi} – константа питомого опору осаду, $1/м$; j – ступінь стиснення осаду.

3. Об'єм вологого осаду, що відкладається в $1 м^3$ фільтрату $v = \frac{1 - c_2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_\phi}{\rho_c}\right)}{\frac{c_2}{c_1} - 1}$, де

ρ_c – густина твердої фази суспензії, $кг/м^3$.

4. Густина вологого осаду $\rho_0 = \frac{1}{\frac{c_1}{\rho_c} + \frac{1 - c_2}{\rho_\phi}}$.

5. Константи рівнянь фільтрації: $b_1 = \frac{\mu \cdot r_m \cdot c}{2 \cdot p}$, де p – тиск фільтрації, $кг/м^2$; μ – динамічна

в'язкість фільтрату, $Па \cdot с$. Умовний об'єм фільтрату на одиницю площі $V_0' = \frac{R_0}{r_m \cdot c}$, де

R_0 – константа питомого опору фільтруючої тканини, $1/м$. Об'єм фільтрату на одиницю площі фільтрування $V' = \frac{h_2}{v}$, де h_2 – товщина вологого осаду за оптимальних умов процесу, $м$.

16. Барабан фільтру в перерізі складається з ряду секторів: фільтрації, промивки, просушування і мертвих зон, – подальший розрахунок полягає у визначенні чисельних значень кутів цих зон у градусах – зони фільтрації: $\varphi = \omega \cdot T$; – зони промивки: $\varphi'_{np} = \omega \cdot T'_{np}$; – зони просушування:

$$\varphi_c = \omega \cdot T_c; \text{ – мертвих зон: } \varphi'_2 = \varphi_m + \frac{360}{2 \cdot n_c}.$$

17. Кут сектора занурення барабана $\varphi_3 = \varphi'_2 + \varphi$.

Для визначення габаритних розмірів фільтру задаємося діаметром барабана $D_\delta = 2.6$ м, тоді його довжина $l = \frac{F_0}{\pi \cdot D_\delta}$, м.

$$18. \text{ Глибина занурення барабана в суспензію } H = \frac{1}{2} \cdot D_\delta \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\varphi'_2 + \varphi}{2}\right) \right].$$

$$19. \text{ Густина суспензії } \rho_{cyc} = \frac{1}{\frac{c_2}{\rho_c} + \frac{1-c_1}{\rho_\phi}}.$$

$$20. \text{ Об'єм суспензії, що поступає у ванну } Q_{cyc} = \frac{G}{\rho_{cyc}}.$$

$$21. \text{ Корисний об'єм ванни фільтру } V_\delta = Q_{cyc} \cdot T_0.$$

$$22. \text{ Витрата повітря на одиницю поверхні фільтру } Q_\delta = K' \frac{\mu \cdot \nu}{2 \cdot b_1 \cdot (\nu + \nu'_0) \cdot \mu_\delta}, \text{ де } K' = 2 \div 5 -$$

коефіцієнт, що враховує перевищення дійсної витрати повітря над теоретичним через попадання зовнішнього повітря; $\mu_\delta = 3.05 \cdot 10^{-8}$ Па·с – динамічна в'язкість повітря.

Потужність приводу БВФ витрачається на подолання наступних моментів опорів:

1. Момент опору M_1 , що створюється внаслідок невірноваженості шару осаду при обертанні барабана. Осад вкриває 3/4 фільтруючої поверхні барабана, тому невірноваженість створюється за рахунок осаду, що покриває 1/4 фільтруючої поверхні $M_1 = G_1 \cdot r_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, де $G_1 = F_1 \cdot h_2 \cdot r_0$ – маса осаду на невірноваженій поверхні, кг; $r_0 = \frac{1}{2} \cdot (D_\delta + h_2)$ – відстань від центру тяжіння невірноваженої частини осаду до осі барабана, м; $\alpha = \frac{\pi}{2}$ – кут сектора невірноваженої частини осаду на барабані; $F_1 = P \cdot D_\delta \cdot \frac{l}{4}$ – площа поверхні, покритої невірноваженою частиною осаду.

$$\text{Отже, спрощуючи, одержимо } M_1 = 0.278 \cdot l \cdot h_2 \cdot r_0 \cdot D_\delta \cdot (D_\delta + h_2).$$

2. Момент опору M_2 зрізу осаду $M_2 = \frac{1}{2} \cdot f \cdot p \cdot D_\delta$, де $f = 0.18$ – коефіцієнт тертя при зрізі осаду; $P = k \cdot l \cdot h_2$ – зусилля зрізу осаду; $k = 6.97$ – питомий опір зрізу осаду. Тоді $M_2 = 0.5 \cdot f \cdot k \cdot l \cdot h \cdot D_\delta$.

$$3. \text{ Момент опору } M_3 \text{ тертя барабана об суспензію } M_3 = 0.02 \cdot M_2.$$

4. Момент опору M_4 тертя валу фільтру об розподільну головку $M_4 = z \cdot f \cdot P_1 \cdot r_m$, де $z = 1$ – число розподільних головок фільтру; f – коефіцієнт тертя; $P_1 = F \cdot p'$ – сила тяжіння головок до торця валу фільтру (F – площа поверхні тертя; p' – питомий тиск між поверхнями валу і головки); r_m – радіус тертя.

Площа поверхні тертя $F = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_3^2) + (-n_1 \cdot f_0)$, де $(-n_1 \cdot f_0)$ – цією величиною можна знехтувати, збільшуючи величину моменту; d_2 і d_3 – зовнішній і внутрішній діаметр торця валу фільтру; f_0 – площа отвору осередку, тобто:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_3^2), \quad r_m = \frac{d_2^2 - d_3^2}{3 \cdot (d_2^2 - d_3^2)}$$

5. Момент опору M_5 тертя в підшипниках валу $M_5 = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot G_1 \cdot d_y$, де G_1 – маса валу з барабаном і осадом, кг; μ_0 – коефіцієнт тертя цапф валу в підшипниках; $d_y = d_2 - 0.01$ – діаметр цапф, м.

6. Повна потужність N електродвигуна $N = 1.15 \cdot \frac{\sum_{i=1}^5 M_i \cdot n}{974 \cdot \eta}$, де n – число обертів барабана; $\eta = 0.6$ – ККД приводу.

Блок-схема алгоритму автоматизованого розрахунку наведена на рис. 2.

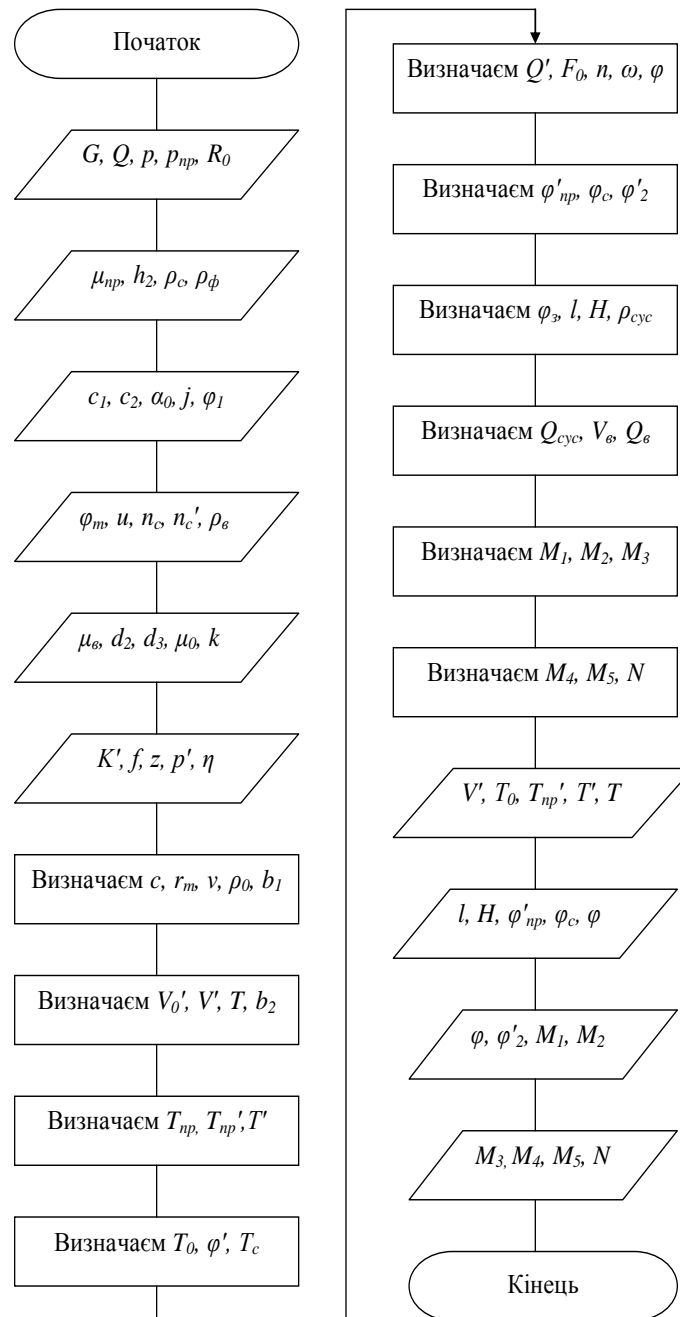


Рис. 2. Блок-схема розрахунку

Автоматизований розрахунок проводився в середовищі VathCAD.

Залежність потужності двигуна від масової продуктивності суспензії, що подається, при різних діаметрах барабана наведена на рис. 3.

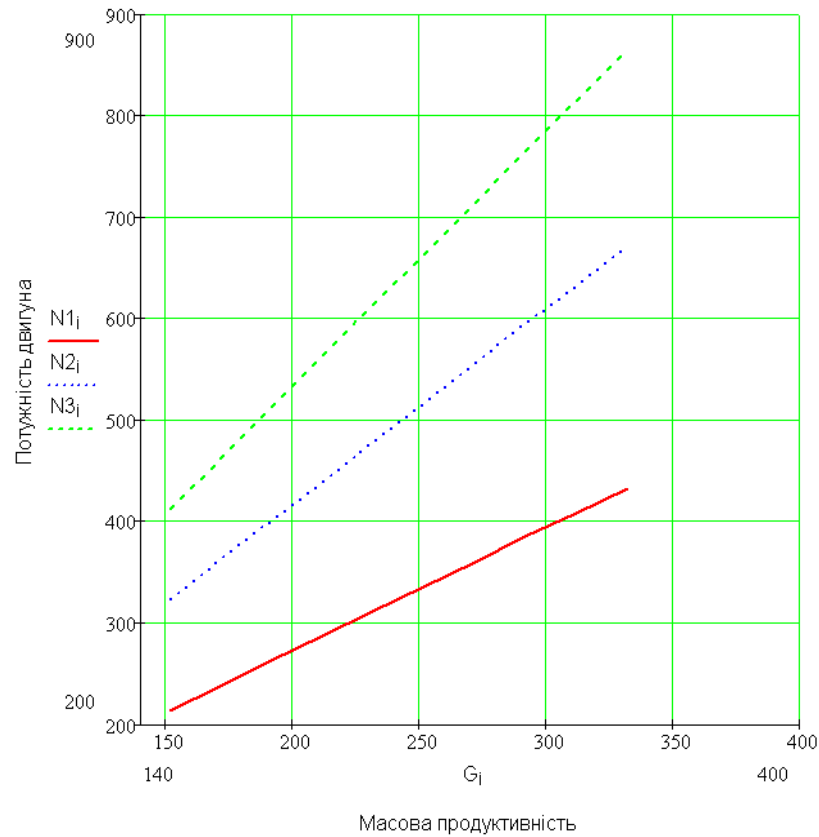


Рис. 3. Залежність потужності двигуна від масової продуктивності суспензії, що подається, при різних діаметрах барабана

Висновки

У результаті автоматизації розрахунків технологічних режимів роботи і конструктивних параметрів барабанного вакуум-фільтра значно скоротилась кількість математичних розрахунків, з'явилась можливість проводити аналітичні дослідження зв'язку між технологічними режимами і конструктивними параметрами БВФ.

1. Мужиков В.А. Фильтрование. М.: Химия, 1980. – 398 с.
2. Леонтьева А.И. Машины и аппараты химических производств. Учеб. пособие. Тамбов: ТГТУ, 1991. – 104 с.
3. Разделение суспензий в химической промышленности. Т.А. Малиновская, И.А. Каринский, О.С. Керсанов, В.В. Рейнфорт. М.: Химия, 1983. – 264 с.