

Д.Е. Селезньов, к.т.н., Е.Л. Селезньов, к.т.н., Ю.В. Муравинець, к.т.н.,
Л.В. Назарчук, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ТАРИЛЧАСТОЇ АБСОРБЦІЙНОЇ КОЛОНИ

В роботі розглядається методика автоматизованого розрахунку діаметру тарілчастої абсорбційної колони.

Ключові слова: алгоритм, блок-схема, автоматизований розрахунок, тарілчаста абсорбційна колона.

Д.Е. Селезнёв, Е.Л. Селезнёв, Ю.В. Муравинец, Л.В. Назарчук. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ТАРЕЛЬЧАТОЙ АБСОРБЦИОННОЙ КОЛОНЫ

В работе рассматривается методика автоматизированного расчета диаметра тарельчатой абсорбционной колонны.

Ключевые слова: алгоритм, блок-схема, автоматизированный расчет, тарельчатая абсорбционная колонна.

D.E. Selesnov, E.L. Selesnov, Y.V. Muravunets, L.V. Nazarchuk AUTOMATED CALCULATION OF THE PLATE ABSORPTION COLUMN

The method of automated calculation of the diameter of the plate absorption column is considered in the work.

Keywords: algorithm, block diagram, automated calculation, plate absorption column.

Постановка проблеми.

Основні розміри абсорбера (наприклад, діаметр і висота) визначають шляхом розрахунку, виходячи із заданих умов роботи (продуктивність, необхідний ступінь витягання компоненту і т. д.). Для розрахунку необхідні відомості по статичі і кінетиці процесу. Дані по статичі знаходять з довідкових таблиць, розраховують за допомогою термодинамічних параметрів або визначають дослідним шляхом. В статті здійснено автоматизацію розрахунку тарілчастої абсорбційної колони. Завдяки використанню персонального комп'ютера, вдалося мінімізувати час на розрахунок необхідного діаметра колони, згідно заданих параметрів виробничого технологічного процесу, які при необхідності можна змінювати під відповідний технологічний процес. Приклад реалізації алгоритму розрахунку представлено в програмі MathCAD.

Основна частина.

Для визначення необхідного габаритного розміру колони введемо необхідні для обрахунку технологічні параметри, що використовуються в процесі виробництва:

V_2 – об'ємна витрата газової фази, що поступає в колону, м³/год;

y_n – вміст компоненту, який поглинається, в газі, що поступає, %;

α – ступінь проходження процесу, %;

x_{en} – початковий вміст компоненту, що поглинається, в абсорбенті, масова частка, %;

x_{ek} – кінцевий вміст компоненту, що поглинається, в абсорбенті, масова частка, %;

t – температура суміші, що поступає газової, в колону, °С;

P – тиск в колоні, МПа;

$M_{нк}$ – молярна маса CO₂, $\frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$;

M_a – молярна маса води, $\frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$;

$M_{нз}$ – молярна маса повітря, $\frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$;

Початкова відносна молярна концентрація компоненту газової фази, що поглинається, при вході в абсорбер

$$y_{ли} = \frac{y_{en}}{100 - y_{en}}$$

Кінцева відносна молярна концентрація компоненту газової фази, що поглинається, при виході з абсорбера

$$y_{лк} = \frac{y_{en} \cdot (100 - \alpha)}{(100 - y_{en}) \cdot 100}$$

Початкова відносна молярна концентрація компоненту, що поглинається, в абсорбенті при вході в абсорбер:

$$x_{\text{вн}} = \frac{\frac{x_{\text{вн}}}{M_{\text{нк}}}}{\frac{100 - x_{\text{вн}}}{M_{\text{г}}}}$$

Кінцева відносна молярна концентрація компоненту, що поглинається, в абсорбенті при виході з абсорбера

$$x_{\text{вк}} = \frac{\frac{x_{\text{вк}}}{M_{\text{нк}}}}{\frac{100 - x_{\text{вк}}}{M_{\text{г}}}}$$

Об'ємна витрата інертної складової газової фази (норм. ум.)

$$V_{\text{гз}} = \frac{V_{\text{г}} \cdot (100 - y_{\text{вн}})}{100}$$

Молярна витрата компоненту, що поглинається

$$G_{\text{нк}} = \frac{V_{\text{г}} \cdot y_{\text{вн}} \cdot \alpha}{22,4 \cdot 100 \cdot 100}$$

Молярна витрата абсорбенту (інертною складовою рідкої фази)

$$L_{\text{а}} = \frac{V_{\text{гз}} \cdot (y_{\text{вн}} - y_{\text{вк}})}{22,4 \cdot (x_{\text{вк}} - x_{\text{вн}})}$$

Молекулярна вага газової фази

$$M_{\text{г}} = \frac{y_{\text{вн}} \cdot M_{\text{нк}}}{100} + \frac{100 - y_{\text{вн}}}{100} \cdot M_{\text{гз}}$$

Густина газової фази

$$\gamma_{\text{г}} = \frac{M_{\text{гз}} \cdot T_0 \cdot P}{22,4 \cdot T \cdot P_0} \cdot \frac{(100 - y_{\text{вн}})}{100} + \frac{M_{\text{нк}} \cdot T_0 \cdot P}{22,4 \cdot T \cdot P_0} \cdot \frac{y_{\text{вн}}}{100}$$

Об'ємна витрата газової фази, що входить в колону абсорбції

$$V_{\text{гс}} = \frac{V_{\text{г}} \cdot 273 \cdot P_0}{P \cdot 3600 \cdot (t + 273)}$$

Молярна витрата газової фази, що поступає в колону абсорбції

$$G_{\text{г}} = \frac{V_{\text{гс}} \cdot \gamma_{\text{г}} \cdot 3600}{M_{\text{г}}}$$

Визначаємо діаметр колони.

Гранично допустима швидкість газової фази (умова перевищення 10% віднесення рідкої фази з газовою) розраховується для сітчастих тарілок як

$$w_{\text{нрз}} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{\text{р}}}{\gamma_{\text{г}}}}$$

де $w_{\text{г}}$ - робоча швидкість газової фази у вільному перетині колони, яка складає

$$w_{\text{г}} = w_{\text{нрз}} \cdot 0,8;$$

$$D_{\text{к}} = \sqrt{\frac{V_{\text{гс}}}{0,785 \cdot w_{\text{г}}}}$$

Блок-схема алгоритму розрахунку представлена на рис. 1.

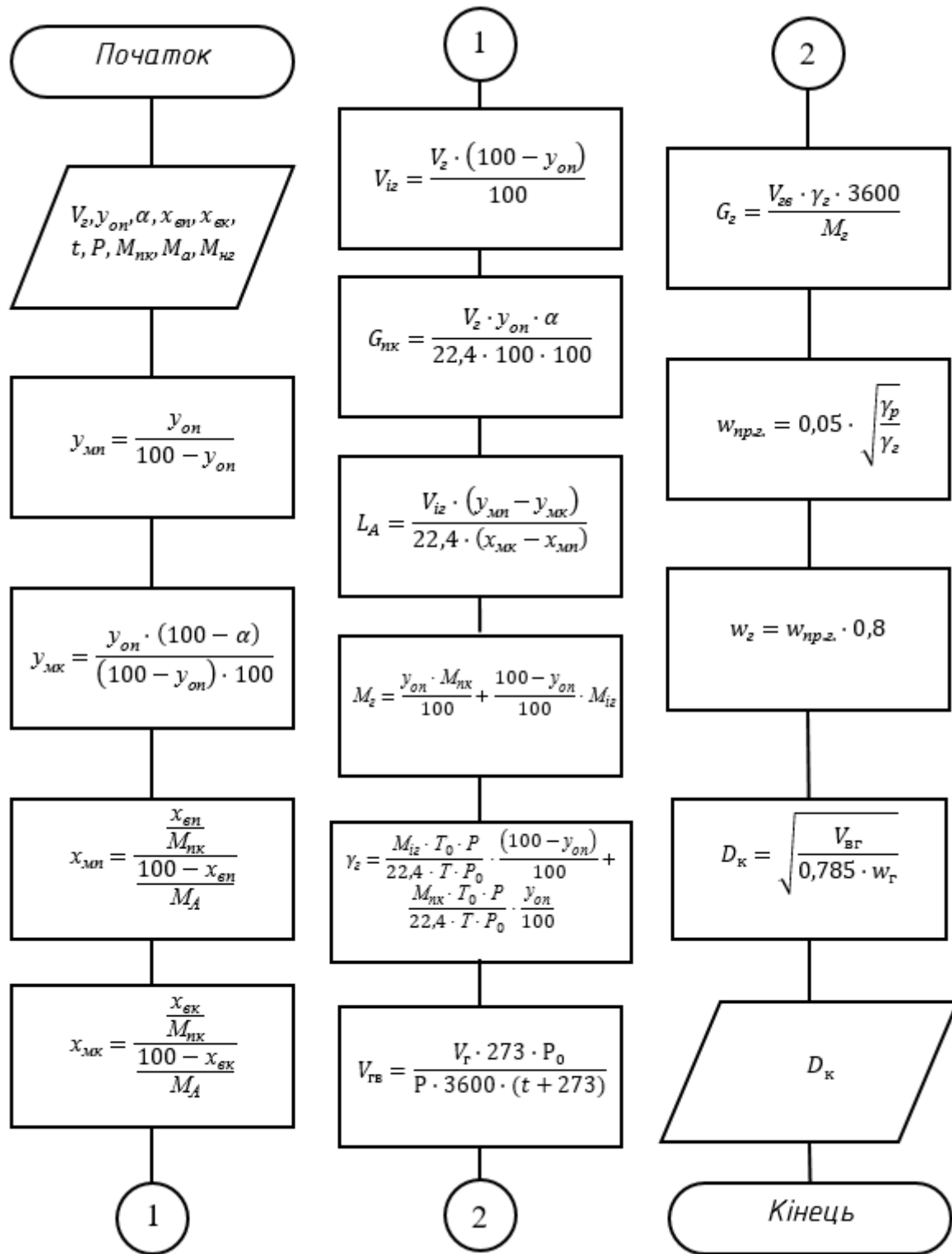


Рис. 1 – Блок-схема алгоритму

Нижче представлена реалізація даного алгоритму в середовищі MathCAD:

Об'ємна витрата газової фази – $V_r := 13000 \text{ м}^3/\text{год}$

Вміст компоненту, що поглинається в газі що поступає – $y_{он} := 35$

Ступінь проходження процесу – $\alpha := 95$

Початковий вміст компоненту, що поглинається в абсорбері, масова частка – $x_{вп} := 0$

Кінцевий вміст компоненту що поглинається в абсорбенті, масова частка – $x_{ВК} := 0.45$

Температура газової суміші – $t := 20$

Тиск в колоні – $P := 1.013 \text{ МПа}$

Молярні маси:

Вуглекислого газу – $M_{ПК} := 44 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$

Води – $M_a := 18 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$

Повітря – $M_{іг} := 29 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$

Густина рідкої фази – $\gamma_p := 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Нормальні умови – $T_0 := 273 \text{ К}$ $P_0 := 0.1 \text{ МПа}$

Коефіцієнт міцності зварних швів – $\psi := 1$

Початкова відносна молярна концентрація компоненту газової фази при вході в абсорбер

$$y_{МП} := \frac{y_{оп}}{100 - y_{оп}} = 0.538 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$$

Кінцева відносна молярна концентрація компоненту газової фази при виході з абсорбера

$$y_{МК} := \frac{y_{оп} \cdot (100 - \alpha)}{(100 - y_{оп}) \cdot 100} = 0.027 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$$

Початкова відносна молярна концентрація компоненту, що поглинається, в абсорбенті при вході в абсорбер

$$x_{МП} := \frac{\frac{x_{ВП}}{M_{ПК}}}{\frac{100 - x_{ВП}}{M_a}} = 0$$

Кінцева відносна молярна концентрація компоненту, що поглинається, в абсорбенті при виході з абсорбера

$$x_{МК} := \frac{\frac{x_{ВК}}{M_{ПК}}}{\frac{100 - x_{ВК}}{M_a}} = 1.849 \times 10^{-3}$$

$$x_{МК} := \text{round}(x_{МК}, 3) = 2 \times 10^{-3} \%$$

Об'ємна витрата інертної складової газової фази (норм. ум.)

$$V_{іг} := \frac{V_r \cdot (100 - y_{оп})}{100} = 8.45 \times 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Молярна витрата компоненту, що поглинається

$$G_{ПК} := \frac{V_r \cdot y_{оп} \cdot \alpha}{22.4 \cdot 100 \cdot 100} = 192.969 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$$

$$G_{ПК} := \text{round}(G_{ПК}, 0) = 193$$

Молярна витрата абсорбенту (інертною складовою рідкої фази)

$$L_A := \frac{V_{іг} \cdot (y_{МП} - y_{МК})}{22.4 \cdot (x_{МК} - x_{МП})} = 9.648 \times 10^4 \frac{\text{кмоль}}{\text{год}}$$

Молекулярна вага газової фази

$$M_{\Gamma} := \frac{y_{\text{оп}} \cdot M_{\text{пк}} + (100 - y_{\text{оп}}) M_{\text{іг}}}{100} = 34.25 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$$

Густина газової фази

$$\gamma_{\Gamma} := \frac{M_{\text{іг}} \cdot T_0 \cdot P \cdot (100 - y_{\text{оп}}) + M_{\text{пк}} \cdot T_0 \cdot P \cdot y_{\text{оп}}}{22.4 \cdot (t + 273) \cdot P_0 \cdot 100} = 14.432 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Об'ємна витрата газової фази, що поступає в колону абсорбції

$$V_{\text{ГВ}} := \frac{V_{\Gamma} \cdot T_0 \cdot P_0}{P \cdot 3600 \cdot (t + T_0)} = 0.332 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Молярна витрата газової фази, що поступає в колону абсорбції

$$G_i := \frac{V_{\text{ГВ}} \cdot \gamma_{\Gamma} \cdot 3600}{M_{\Gamma}} = 503.832 \frac{\text{кмоль}}{\text{год}}$$

Визначаємо діаметр колони

Гранично допустима швидкість газової фази

$$w_{\text{пр.г}} := 0.05 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{\text{р}}}{\gamma_{\Gamma}}} = 0.416 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Робоча швидкість газової фази у вільному перетині колони

$$w_{\Gamma} := w_{\text{пр.г}} \cdot 0.8 = 0.333 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Діаметр колони

$$D_{\text{к}} := \sqrt{\frac{V_{\text{ГВ}}}{0.785 \cdot w_{\Gamma}}} = 1.127$$

Приймаємо діаметр колони

$$D_{\text{кк}} := \text{round}(1.2 \cdot D_{\text{к}}, 1) = 1.4 \text{ м}$$

Висновки.

В результаті автоматизації розрахунку тарілчастої абсорбційної колони значно скоротилась кількість математичних розрахунків та з'явилась можливість проводити аналітичні дослідження.

Література.

1. В.М. Рамм. «Абсорбция газов». М., «Химия», 1976г.
2. «Расчет тарельчатых абсорбционных колонн» под ред. В.А. Иванова, Москва, 1985.
3. «Основные процессы и аппараты химической технологии», пособие по проектированию под ред. Ю.И. Дытнерского. М., «Химия» 1991 г.
4. Информатика: конспект лекцій у чотирьох частинах. – Частина 4: Обробка інженерної інформації за допомогою математичного пакета MathCAD / Укладач А.В. Булашенко. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010 – 123 с.