

УДК 66.081.2:004.4'22

DOI 10.36910/6775.24153966.2021.71.36

О.Д. Клименко, Е.Л. Селезньов, Д.Е. Селезньов, Ю.В. Муравинець

Луцький національний технічний університет

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ДІАМЕТРУ АБСОРБЕРА ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ

В роботі розглядається залежності діаметру абсорбера від технологічних параметрів процесу за допомогою програми автоматизованого розрахунку.

Ключові слова: дослідження, залежність, тарільчаста абсорбційна колона, автоматизований розрахунок.

А.Д. Клименко, Е.Л. Селезнёв, Д.Е. Селезнёв, Ю.В. Муравинець

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ДИАМЕТРА АБСОРБЕРА ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА

В работе исследуется зависимости диаметра абсорбера от технологических параметров процесса с помощью программы автоматизированного расчета.

Ключевые слова: исследования, зависимость, тарельчатая абсорбционная колонна, автоматизированный расчет.

A.D. Klymenko, E.L. Selesnov, D.E. Selesnov, Y.V. Muravunets

ANALYTICAL RESEARCHES OF THE DEPENDENCE OF THE ABSORBER DIAMETER ON THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE PROCESS

The dependences of the absorber diameter on the technological parameters of the process using an automated calculation program are considered in the work.

Keywords: research, dependence, plate absorption column, automated calculation.

Постановка проблеми.

Тарільчастий абсорбер зазвичай є вертикальною циліндричною колоною та використовується в багатьох галузях промисловості для розділення неоднорідних сумішей. У середині них на певній відстані один від одного по висоті колони розміщуються горизонтальні перегородки-тарілки, які служать для розвитку поверхні контакту фаз при направленому русі цих фаз (рідина тече згори вниз, а газ проходить від низу до верху) і багаторазовій взаємодії рідини і газу.

Класичне проектування абсорбційних колон є трудомістким та затратним процесом. Проектування та виготовлення такої колони у вигляді дослідницького зразка потребує великих матеріальних та фінансових витрат, тому актуальним є проведення попередніх аналітичних досліджень з визначення оптимальних залежностей конструктивних параметрів колони від параметрів технологічного процесу. В даній статті приведений алгоритм для автоматизованого розрахунку залежності діаметру колони з різними технологічними параметрами абсорбції.

Початкові дані:

$\alpha := 95$ - ступінь проходження процесу

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

$x_{вк} := 0.45$ - кінцевий вміст компоненту що поглинається в абсорбенті, масова частка

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

$T_0 := 273$ $P_0 := 0.1$

Основна частина.

Наведемо алгоритм, реалізований в програмному середовищі MathCad, автоматизованого обчислення.

Початкова відносна молярна концентрація компоненту газової фази при вході в абсорбер

$$y_{\text{МП}}(y_{\text{ОП}}) := \frac{y_{\text{ОП}}}{100 - y_{\text{ОП}}}$$

Кінцева відносна молярна концентрація компоненту газової фази при виході з абсорбера

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

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

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

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

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

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

$$V_{\text{іГ}}(y_{\text{ОП}}, V_{\text{Г}}) := \frac{V_{\text{Г}} \cdot (100 - y_{\text{ОП}})}{100}$$

Молярна витрата компоненту, що поглинається

$$G_{\text{ПК}}(V_{\text{Г}}, y_{\text{ОП}}) := \frac{V_{\text{Г}} \cdot y_{\text{ОП}} \cdot \alpha}{22.4 \cdot 100 \cdot 100}$$

Молярна витрата абсорбенту (інертною складовою рідкої фази)

$$L_{\text{А}}(y_{\text{ОП}}, V_{\text{Г}}) := \frac{V_{\text{іГ}}(y_{\text{ОП}}, V_{\text{Г}}) \cdot (y_{\text{МП}}(y_{\text{ОП}}) - y_{\text{МК}}(y_{\text{ОП}}))}{22.4 \cdot (x_{\text{МК}} - x_{\text{МП}})}$$

Молекулярна вага газової фази

$$M_{\text{Г}}(y_{\text{ОП}}) := \frac{y_{\text{ОП}} \cdot M_{\text{ПК}} + (100 - y_{\text{ОП}}) M_{\text{іГ}}}{100}$$

Густина газової фази

$$\gamma_{\text{Г}}(P, t, y_{\text{ОП}}) := \frac{M_{\text{іГ}} \cdot T_0 \cdot P \cdot (100 - y_{\text{ОП}}) + M_{\text{ПК}} \cdot T_0 \cdot P \cdot y_{\text{ОП}}}{22.4 \cdot (t + 273) \cdot P_0 \cdot 100}$$

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

$$V_{\text{ГВ}}(V_{\text{Г}}, P, t) := \frac{V_{\text{Г}} \cdot T_0 \cdot P_0}{P \cdot 3600 \cdot (t + T_0)}$$

Молярна витрата газової фази, що поступає в колону абсорбції

$$G_{\text{і}}(V_{\text{Г}}, P, t, y_{\text{ОП}}) := \frac{V_{\text{ГВ}}(V_{\text{Г}}, P, t) \cdot \gamma_{\text{Г}}(P, t, y_{\text{ОП}}) \cdot 3600}{M_{\text{Г}}(y_{\text{ОП}})}$$

Визначаємо діаметр колони

Гранично допустима швидкість газової фази

$$w_{\text{пр.г}}(P, t, y_{\text{оп}}) := 0.05 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{\text{р}}}{\gamma_{\text{г}}(P, t, y_{\text{оп}})}}$$

Робоча швидкість газової фази у вільному перетині колони

$$w_{\text{г}}(P, t, y_{\text{оп}}) := w_{\text{пр.г}}(P, t, y_{\text{оп}}) \cdot 0.8$$

Діаметр колони

$$D_{\text{к}}(P, t, y_{\text{оп}}, V_{\text{г}}) := \sqrt{\frac{V_{\text{гв}}(V_{\text{г}}, P, t)}{0.785 \cdot w_{\text{г}}(P, t, y_{\text{оп}})}}$$

Після проведення відповідних обчислень отримуємо дані. Результати у вигляді графіків залежностей представлено на рисунках 1, 2, 3.

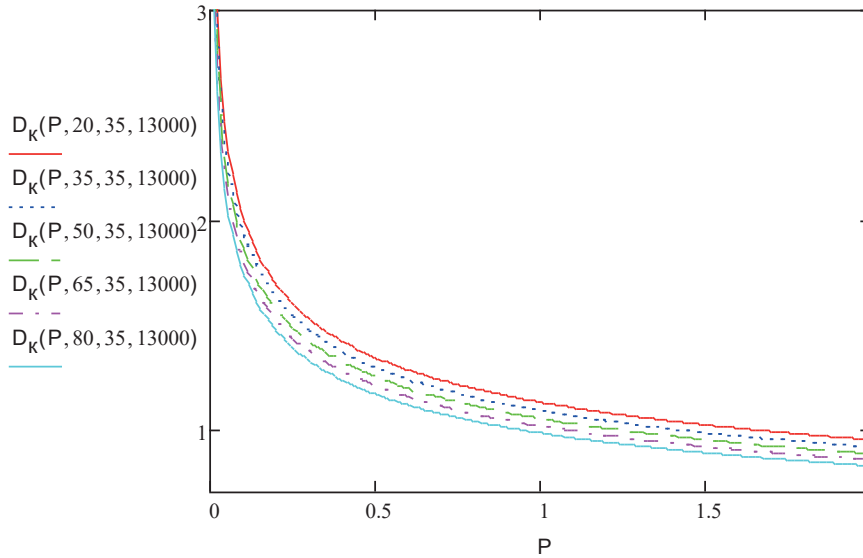


Рис. 1. Залежність діаметру колони від робочого тиску в колоні при різній температурі газової суміші

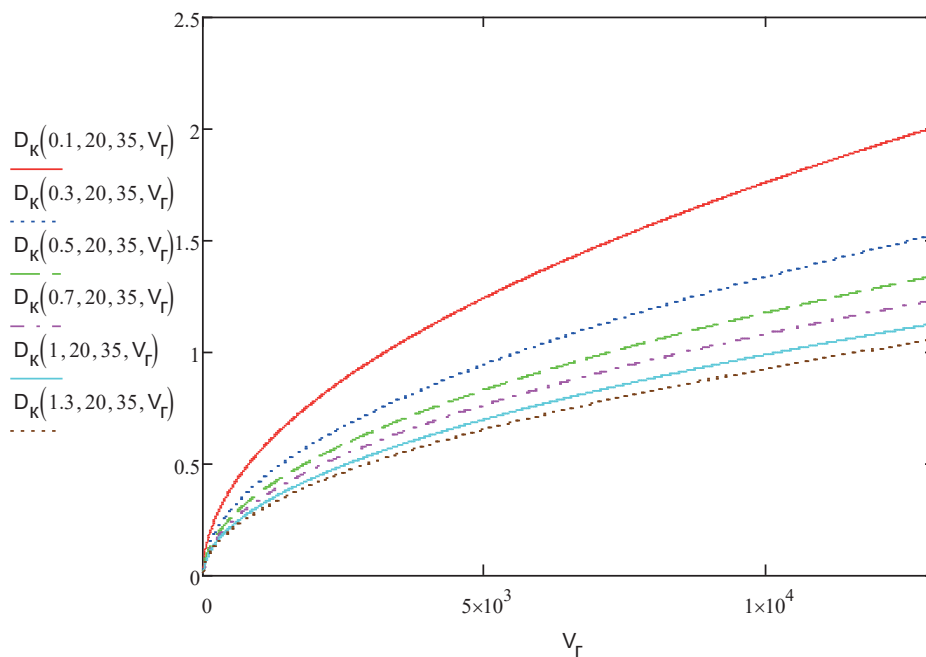


Рис. 2. Залежність діаметру колони від об'ємної витрати газової фаз при різних значеннях робочого тиску

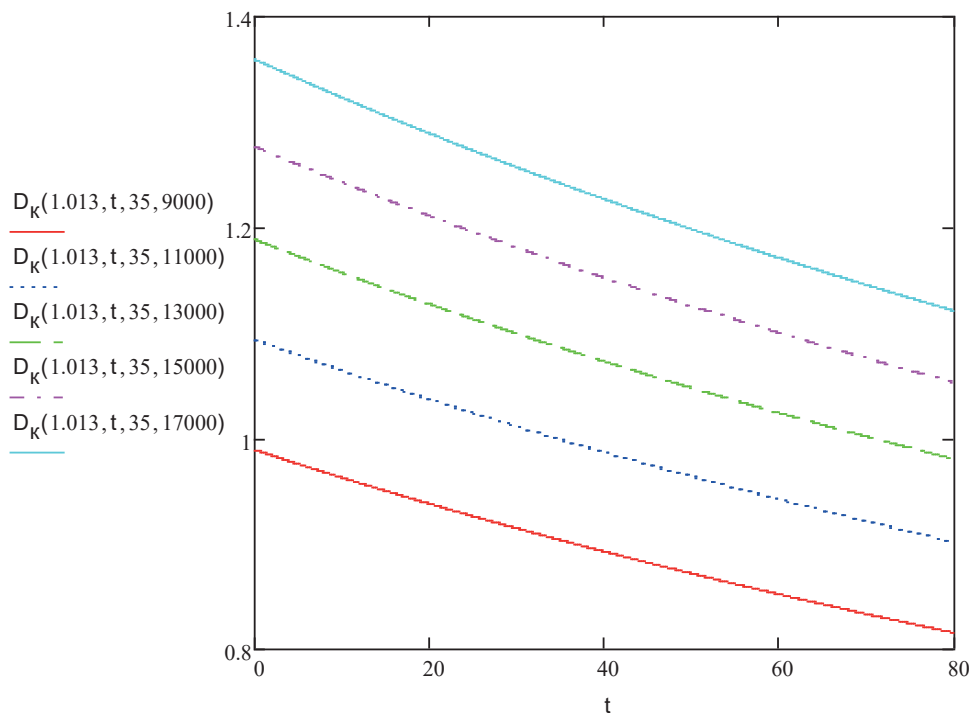


Рис. 3. Залежність діаметру колони від температури при різних значеннях об'ємної витрати газової фази

Висновки.

З графіків видно, що при зростанні тиску зменшується діаметр колони, що приводить до зменшення матеріаломісткості конструкції. Очевидно, що при значеннях тиску більше 1-1,5 МПа зменшення діаметру колони сповільнюється, графік наближається до горизонталі, подальше нарощування тиску є недоцільним.

Також видно, що ефективнішою є колона з вищою температурою газової суміші.

Зростання об'ємної витрати газової фази викликає збільшення діаметру колони. Тиск значно впливає на діаметр колони на проміжку 0-1,5 МПа, при збільшенні тиску діаметр колони зменшується, при подальшому нарощуванні тиску зменшення діаметру сповільнюється, і при значеннях більше 1-1,5 МПа є незначним.

При зростанні температури зменшується діаметр колони, також діаметр колони буде меншим у того абсорбера у якого менша об'ємна витрата газової фази.

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.