

Л.М. УЛЬЄВ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХП»;

С.О. БОЛДИРЄВ, доцент, НТУ «ХП»;

А.О. ГАРЄВ, асистент, НТУ «ХП»;

А.М. МИРОНОВ, студент, НТУ «ХП»

ПОБУДОВА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕГРОВАНОЇ СХЕМИ ХТС ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПЗ UNISIM DESIGN

Визначені основні параметри, необхідні для моделювання схеми. Розглянуто методику її побудови. Створена комп'ютерна модель інтегрованої схемипроцесу ректифікації частково розчинної азеотропної суміші з необхідним теплообмінним обладнанням.

Ключові слова: моделювання, комп'ютерна модель, UniSim Design, ректифікація.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Математичне моделювання наразі є ефективним інструментом дослідження хіміко-технологічних процесів. За усього різноманіття типів існуючих апаратів, їх математичні моделі повинні задовольняти законам збереження речовини та енергії. У свою чергу, рівняння енергетичного балансу має відповідати фундаментальним положенням термодинаміки.

Комп'ютерна система моделювання UniSim Design широко застосовується для дослідження хіміко-технологічних процесів та, зокрема, для дослідження переробки нафти та газу [1, 2]. База даних UniSim Design дозволяє обчислити фізичні властивості складних неідеальних сумішей. Бібліотека програм UniSim Design вміщує розрахункові моделі типових апаратів хімічної технології, що допомагають користувачу достатньо швидко описувати різні технологічні схеми. На практиці набір програм, що існує, не дозволяє відобразити усі варіанти технологічних схем, тому при вирішенні конкретних завдань досить часто виникає потреба у розробці нових програмних модулів, що враховують певні специфічні особливості технологічного процесу, який досліджується.

Формулювання цілей статті. Ціль роботи – моделювання в середовищі UniSim Design автоматизованої установки ректифікації частково розчинної азеотропної суміші.

Використання моделюючого програмного забезпечення для розрахунку установки ректифікації, що включає колону, теплообмінники та інше допоміжне устаткування, дозволяє прорахувати два або декілька варіантів з подальшим вибором найкращого як на стадії проектування, так і на стадії реконструкції. При пошуку найкращого або оптимального варіанту можна змінювати флегмове число, а також конструктивні характеристики колони відповідно до дискретних значень нормалізованих розмірів і меж стійкої і ефективної роботи.

Опис процесу та збір необхідних даних. Вихідна суміш поєднується з потоком відстійника, що складається з легких фракцій. Об'єднаний потік подається на рекуперативний теплообмінник РТ2. Після цього потік догрівається у рекуперативному теплообміннику РТ1 і далі йде на підігрівач Н. Після нагрівача він досягає заданої температури та прямує до колони.

Кубовий залишок з низу колони підігріває вихідну суміш в рекуперативному теплообміннику РТ1, потім – у РТ3 охолоджується до заданої температури.

Пара, після виходу з колони, подається у дефлегматор, де конденсується. Цей конденсат подається на розподілювач. Один потік повертається на верхню тарілку колони як флегма, а другий потік подається до рекуперативного теплообмінника РТ4, де нагріває частину потоку води на технологію. Далі конденсат подається до холодильника С, охолоджується до заданої температури і прямує у відстійник. Там відбувається розділення конденсату під дією гравітаційних сил на дві фази: легку – водну фазу і важку – фурфурол, який і є цільовим продуктом. А легка водна фаза змішується з вихідною сумішшю і повторює цикл.

Потік води на технологію за допомогою розподілювача розділяється на дві частини, одна з яких прямує до рекуперативного теплообмінника РТ4, а друга – до рекуперативного теплообмінника РТ3, де нагрівається за рахунок потоку кубового залишку. У змішувачі ці потоки об'єднуються, досягши цільової температури [3, 4].

Енерго-функціональна схема установки зображена на рис. 1.

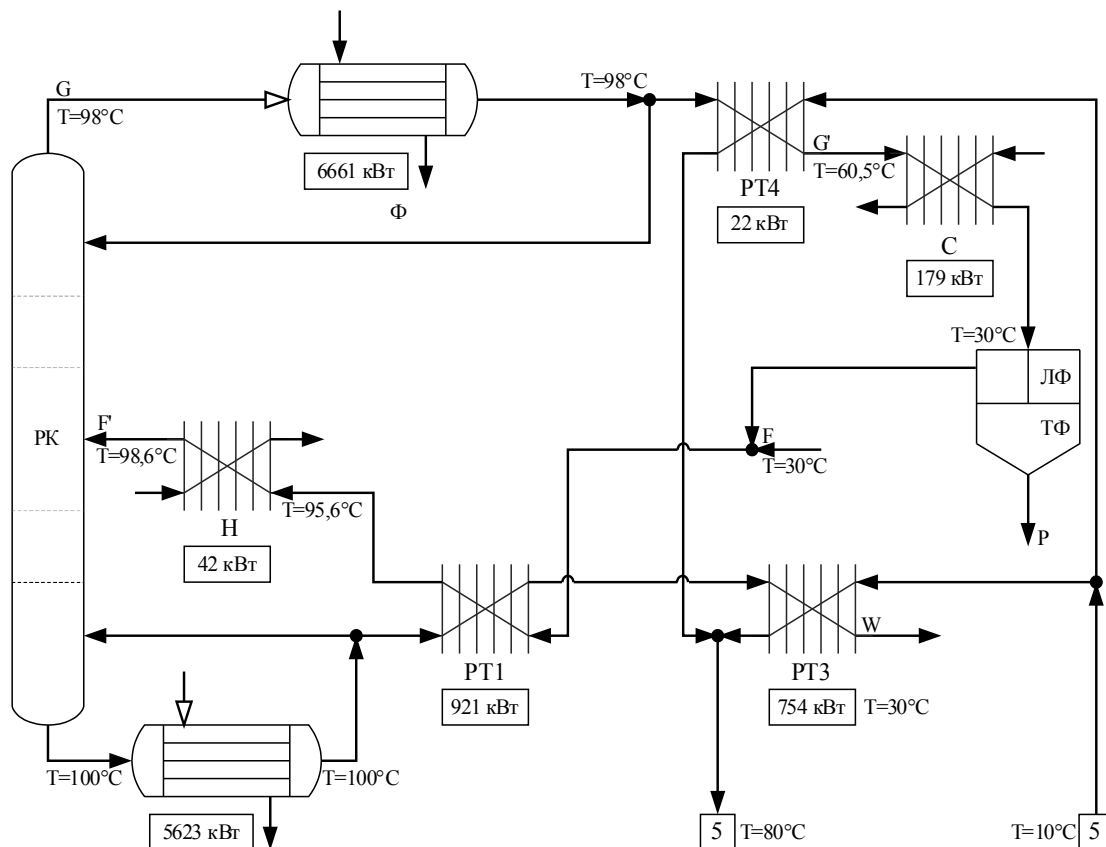


Рис. 1. Інтегрована енерго-функціональна схема установки ректифікації: РК – ректифікаційна колона, ЛФ-ТФ – відстійник; G – пари колони, Ф – флегма, G' – дистиллят, F – живлення процесу, F' – живлення колони; W – кубовий залишок.

За результатами аналізу схеми процесу ректифікації були розраховані матеріальний і тепловий баланс, визначені значення матеріальних і теплових потоків [5].

Реалізація моделі. Першим кроком створюємо новий Набір компонентів, додавши до списку воду (H_2O) та фурфурол ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$), як зображено на рис.2.

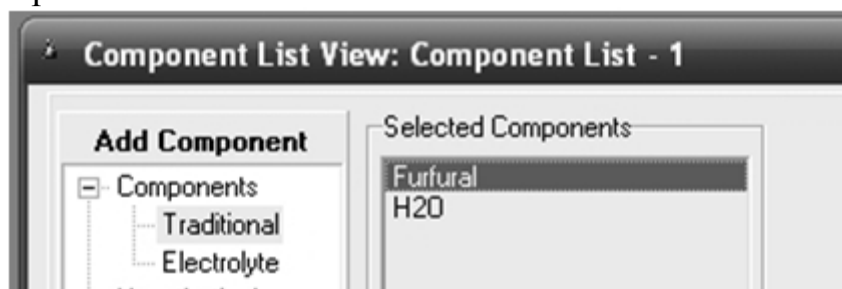


Рис. 2. Вибір компонентів

Тепер обираємо так званий Пакет властивостей (*Basis-1*), який буде містити перелік компонентів та методи розрахунку – в даному випадку,

рівняння стану. На відповідній закладці оберемо термодинамічний пакет Peng-Robinson (рис. 3).

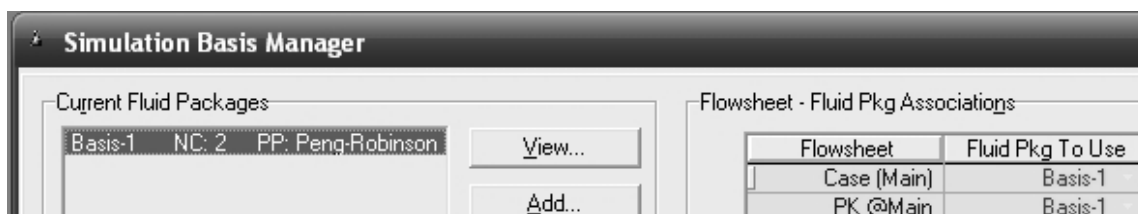


Рис. 3. Пакет властивостей (*Basis-1*) та термодинамічний пакет

Далі переходимо до Розрахункового середовища, де з Каси об'єктів обираємо усе необхідне устаткування: ректифікаційну колону, два змішувачі, два роздільника, три рекуперативних та два утилітних теплообмінника, а також потоки, що потребуються.

Тепер створимо усі необхідні матеріальні та енергетичні потоки та задамо їх основні параметри. Введемо ім'я, тиск, масову витрату та склад для визначення початкових матеріальних потоків (рис. 4).

Name	Дистиллят G'↑	Дистиллят G'↑	Дистиллят G'↑	Иск. смесь F'↑	Иск. смесь F'↑	Кубовый остат
Vapour Fraction	0.0000	0.0723	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature [C]	98.00	60.50	30.00	30.00	31.60	100.0
Pressure [kPa]	95.75	20.88	20.78	405.3	354.6	102.5
Molar Flow [kgmole/h]	154.2	154.2	154.2	655.9	655.9	501.6
Mass Flow [kg/h]	3194	3194	3194	1.273e+004	1.273e+004	9532
Liquid Volume Flow [m3/h]	3.131	3.131	3.131	12.60	12.60	9.469
Heat Flow [kW]	-1.182e+004	-1.183e+004	-1.208e+004	-5.162e+004	-5.160e+004	-3.876e+004
Name	Кубовый остат	Кубовый остат	Лёгкие фракш	H2O In	H2O Out	H2O Часть 1 Л
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2767	0.0000
Temperature [C]	97.85	30.00	30.00	10.00	80.00	10.00
Pressure [kPa]	102.5	51.88	20.78	202.6	47.33	202.6
Molar Flow [kgmole/h]	501.6	501.6	0.0000	162.0	162.0	4.594
Mass Flow [kg/h]	9532	9532	0.0000	2919	2919	82.76
Liquid Volume Flow [m3/h]	9.469	9.469	0.0000	2.925	2.925	8.292e-002
Heat Flow [kW]	-3.878e+004	-3.954e+004	0.0000	-1.290e+004	-1.213e+004	-365.7
Name	H2O Часть 1 Л	H2O Часть 2 Л	H2O Часть 2 Л	Питание колон	Питание проце	Продукт Р
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.2848	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature [C]	80.00	10.00	80.00	98.00	30.00	30.00
Pressure [kPa]	101.3	202.6	47.33	253.3	405.3	20.78
Molar Flow [kgmole/h]	4.594	157.4	157.4	655.9	655.9	154.2
Mass Flow [kg/h]	82.76	2836	2836	1.273e+004	1.273e+004	3194
Liquid Volume Flow [m3/h]	8.292e-002	2.842	2.842	12.60	12.60	3.131
Heat Flow [kW]	-358.7	-1.253e+004	-1.177e+004	-5.060e+004	-5.162e+004	-1.208e+004

Рис. 4. Матеріальні потоки

Склад деяких (початкових) потоків нам доведеться ввести самим. За умови коректного приєднання потоків до технологічного устаткування схеми, інші дані розрахує вже змодельоване обладнання (рис. 5).

Name	Дистиллят G'†	Дистиллят G'†	Дистиллят G'†	Исх. смесь F'†	Исх. смесь F'†	Кубовый остат
Comp Mole Frac (H2O)	0.9655	0.9655	0.9655	0.9822	0.9822	0.9874
Comp Mole Frac (Furfural)	0.0345	0.0345	0.0345	0.0178	0.0178	0.0126
Name	Кубовый остат	Кубовый остат	Лёгкие фракш	H2O In	H2O Out	H2O Часть 1 Ї
Comp Mole Frac (H2O)	0.9874	0.9874	0.9655	1.0000	1.0000	1.0000
Comp Mole Frac (Furfural)	0.0126	0.0126	0.0345	0.0000	0.0000	0.0000
Name	H2O Часть 1 Ї	H2O Часть 2 Ї	H2O Часть 2 Ї	Питание колол	Питание проце	Продукт P
Comp Mole Frac (H2O)	1.0000	1.0000	1.0000	0.9822	0.9822	0.9655
Comp Mole Frac (Furfural)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0178	0.0178	0.0345

Рис. 5. Склад потоків

З усіх енергетичних потоків введемо значення лише для потоку кип'ятильника ректифікаційної колони; інші енергетичні потоки програма розрахує сама (рис. 6).

Name	Q(k)	Q(F')	Q(G')	Q(d)	*** New **
Heat Flow [kW]	5623	991.8	246.2	5602	

Рис 6. Енергетичні потоки

Після введення усіх необхідних даних до спеціалізованих вікон змішувачів, роздільників, теплообмінних апаратів та ректифікаційної колони з позначкою «Converged», а також потоків з позначкою «OK», схема буде автоматично розрахована програмою. Розрахунок колони відбувається завдяки активуванню певних специфікацій: наприклад, специфікації Витрати дистилляту (як наведено у цій схемі), специфікацій Витрати кубового залишку, флегмового числа, навантаження одного з теплообмінників колони тощо.

Перебуваючи у статичному режимі моделювання роботи установки, ми маємо можливість варіювати певні параметри устаткування з метою дослідження змін у різних характеристиках похідних продуктивних та енергетичних потоків. В динамічному режимі подібні дослідження можуть бути проведені після установки регуляторів, зокрема ПД-типу, для різних параметрів усіх потоків схеми.

Спостереження за процесом можна реалізувати декількома шляхами: за допомогою графіків, діаграмних стрічок, статистики або автоматичних звітів програми UniSim Design [5].

Повністю закінчена технологічна схема зображена на рис. 7. Також там наведені таблиці з основними характеристиками потоків.

Варіюючи певні конструктивні характеристики/параметри устаткування та (або) потоків можна організувати пошук оптимального варіанту роботи схеми з точки зору енергетики або виходу кінцевого продукту.

Висновки. Після аналізу існуючої схеми були відокремлені основні параметри, необхідні для її моделювання. Згідно викладеної методики побудови була створена комп'ютерна модель інтегрованої схеми процесу ректифікації частково розчинної азеотропної суміші з необхідним теплообмінним обладнанням.

Список літератури: 1. *Товажнянский Л.Л.* Проектирование схемы реконструкции установки первичной переработки нефти АВТ А12/2 в режиме работы без вакуумного блока в зимнее время / *Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев, Л.А. Мельниковская, Б.Д. Зулин* // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2010, – № 3. – с. 64–73. 2. *Ульев Л.М.* Пинч-диагностика и моделирование процесса разделения широкой фракции легких углеводородов / *Л.М. Ульев, Е.В.Поливода* // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2010, – № 4. – с. 34–40. 3. *Ульев Л.М.* Пинч-анализ процесса ректификации смеси фурфурол-вода / *Л.М. Ульев, А.О. Гарев, А.М. Миронов* // Вестник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 9. – с. 90–97. 4. *Дытнерский Ю.И.* Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию, 2-е изд. // *Ю.И. Дытнерский, Борисов Г.С.* – Москва: Химия, – 1973. – 496 с. 5. *Смит Р.* Основы интеграции тепловых процессов / *Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев* – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2000. – 458 с. 6. Використане програмне забезпечення UniSim Design («Honeywell») <https://www.honeywellprocess.com/en-US/pages/default.aspx>

Надійшла до редколегії 27.01.2014

УДК 519.876.5

Побудова імітаційної моделі інтегрованої схеми ХТС із застосуванням ПЗ UniSim Design / Л.М. Ульєв, С.О. Болдирєв, А.О. Гарєв, А.М. Миронов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 16 (1059). – с. 82 – 88. – Бібліогр.: 6 назв.

Определены основные параметры, необходимые для моделирования схемы. Рассмотрена методика её построения. Создана компьютерная модель интегрированной схемы процесса ректификации частично растворимой азеотропной смеси с необходимым теплообменным оборудованием.

Ключевые слова: моделирование, компьютерная модель, UniSim Design, ректификация.

Main parameters required for modeling of the scheme are determined. The methods of its building are considered. The computer model of the integrated scheme of the rectification partly soluble azeotropic mixture process with all necessary heat-exchanging equipment is created.

Keywords: modeling, computer model, UniSim Design, rectification.