

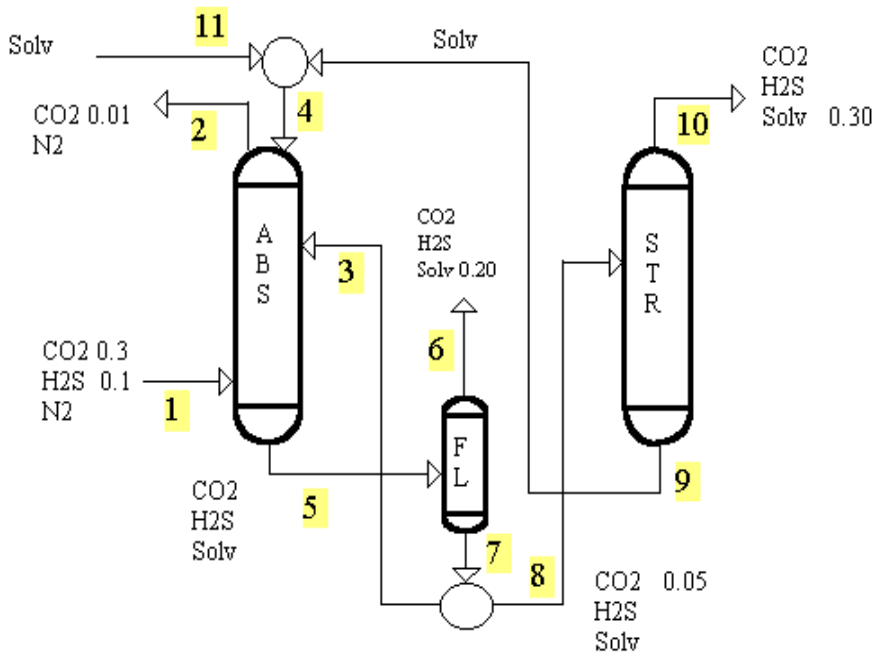
Лабораторна робота №7

Розрахунок матеріального балансу ХТС при відсутності реакційних процесів в середовищі Mathcad

Мета: навчитися розраховувати матеріальний баланс схеми, що не має реакційних процесів, при частково заданих вхідних, проміжних та вихідних потоках.

Абсорбційне розділення кислотно-газової суміші

Постановка задачі. Наведена на рис. абсорбційно-ректифікаційна схема використовується для видалення діоксида вуглиця і сульфїда водня з вхідної речовини яка містить 30% CO_2 і 10% H_2S в нітроген. В абсорбері розчинник вибірково сорбує сульфід водня і діоксид вуглиця. В верхній частині абсорбера міститься лише 1% CO_2 , без H_2S . N_2 не розчиняється (не перетворюється на рідину) в розчиннику. Збагачений розчинником потік, що надходить з абсорбера (ABS) у випарну колону (FL) випаровується, і верхній потік складається з 20% розчинника, 25% CO_2 і 15% H_2S в відповідному порядку надходить в абсорбер. Потік рідини залишаючи випаровувач розділяється на рівні частини, одна повертається до абсорбера. Інша частина що містить 5% CO_2 подається до ректифікаційної колони (STR). Потік рідини що надходить з ректифікаційної колони містить збіднений розчинник і повертається (повторно надходить) до абсорбера разом з змішаним розчинником. В верхній частині абсорбера знаходиться 30% розчинника.



Хід виконання роботи

1. Ознайомитись з схемою та вихідними даними
2. Для реакції процесу (якщо має місце реакційний процес) дослідити стехіометрію
3. Провести аналіз степенів свободи
4. Провести послідовний розрахунок матеріального балансу (використовуючи розмірність параметрів та змінних). Результати навести у вигляді таблиці.
5. Перевірити результати розрахунків

Аналіз степенів свободи

Таблиця 1

Апарати	Абсорбер	Змішувач	Випарна кол.	Дільник	Ректиф. кол.	Проц.	Загальний
Змінні	12	3	9	9	7	26	12
Бал. по реч.	4	1	3	3	3	14	4
Склади	3	0	1	1	2	6	5
Відновлені	0	0	0	0	0	2	2
Доля рецикл.	0	0	0	1	0	1	0
Дільник	0	0	0	2	0	2	0
Базис	1	0	0	0	0	1	1
Степ. свобод	4	2	5	2	2	0	0
Заг. баланс.	1	1	2	0	2		
	3	1	3	2	0		
Ректиф. (STR)	0	1	0	2			
	3	0	3	0			
Дільник і зміш.	3		3				
	0		0				

В результаті задача повністю визначена й розрахунки починаємо із загального балансу.

Порядок розрахунку такий: загальний баланс, баланс в ректифікаційній колоні, баланс змішувача, баланс в випарній колоні. Не має потреби в балансі абсорбера.

Матеріальний баланс абсорбційно-ректифікаційної установки

Задамо нумерацію речовин: 1- CO₂, 2- H₂S, 3- Solv, 4 - N₂

$$s := 1..4$$

та нумерацію потоків:

$$j := 1..11$$

Відомо, що відновлення у випарній колоні по речовинах:

$$\alpha_{CO_2} := 0.25$$

$$\alpha_{H_2S} := 0.15$$

Доля потоку, що повертається в рецикл

$$\beta := 0.5$$

Склади: (початкові значення)

$$x_{s,j} := 0$$

$$n_{s,j} := 0 \cdot \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ГОД}}$$

Вхідні потоки

Потоки в верхній частині абсорбера

Потоки в верхній частині:

$$x_{s,1} :=$$

0.30
0.10
0.00
0.60

$$x_{s,2} :=$$

0.01
0.00
0.00
0.99

Випарної колони

$$x_{3,6} := 0.20$$

Ректифікаційної колони

$$x_{3,10} := 0.30$$

Вхідний потік

ректифікаційної колони

$$x_{1,8} := 0.05$$

Прийmemo вхідний потік за базис

$$N_1 := 1000 \cdot \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ГОД}}$$

Тоді мольні покомпонентні витрати можна визначити, як:

$$n_{s,1} := x_{s,1} \cdot N_1$$

Загального балансу який враховує вхідний потік відновників в випарній колоні, достатньо щоб визначити всі інші потоки.

Баланс по азоту:

$$n_{4,2} := n_{4,1}$$

Загальна витрата 2-го потоку становить:

$$N_2 := \frac{n_{4,2}}{x_{4,2}}$$

$$n_{s,2} := x_{s,2} \cdot N_2$$

Верхня частина випарної колони визначається такими вхідними потоками відновника

$$n_{1,6} := \alpha_{CO_2} \cdot n_{1,1}$$

$$n_{2,6} := \alpha_{H_2S} \cdot n_{2,1}$$

Загальна витрата 6-го потоку становить:

$$N_6 := \frac{n_{1,6} + n_{2,6}}{1 - x_{3,6}}$$

$$n_{3,6} := x_{3,6} \cdot N_6$$

$$x_{s,6} := \frac{n_{s,6}}{N_6}$$

Баланс верхнього потоку ректифікаційної колони тепер повністю визначений.

Розрахуємо вихідний 10-ий потік:
диоксид вуглецю

$$n_{1,10} := n_{1,1} - n_{1,2} - n_{1,6}$$

сульфід водня

$$n_{2,10} := n_{2,1} - n_{2,6}$$

$$N_{10} := \frac{n_{1,10} + n_{2,10}}{1 - x_{3,10}}$$

$$n_{3,10} := x_{3,10} \cdot N_{10}$$

$$x_{s,10} := \frac{n_{s,10}}{N_{10}}$$

В результаті баланс розчинника враховує змішаний потік.

$$n_{3,11} := n_{3,6} + n_{3,10}$$

$$x_{3,11} := 1$$

$$N_{11} := n_{3,11}$$

Це доповнює загальний баланс і тепер додаткові потоки повністю охарактеризовані.

Баланс **ректифікаційної колони** визначає 8 і 9 потоки.

Диоксид вуглецю

$$n_{1,8} := n_{1,10}$$

$$N_8 := \frac{n_{1,8}}{x_{1,8}}$$

Сульфід водня

$$n_{2,8} := n_{2,10}$$

Розчинник (solv)

$$n_{3,8} := N_8 - n_{1,8} - n_{2,8}$$

$$x_{s,8} := \frac{n_{s,8}}{N_8}$$

$$N_9 := n_{3,8} - n_{3,10}$$

$$x_{3,9} := 1 \quad n_{s,9} := x_{s,9} \cdot N_9$$

Баланс змішувача:

$$N_4 := N_9 + N_{11}$$

$$x_{3,4} := 1$$

$$n_{s,4} := x_{s,4} \cdot N_4$$

Баланс дільника:

$$x_{s,7} := x_{s,8}$$

$$N_7 := \frac{N_8}{\beta}$$

$$x_{s,3} := x_{s,8}$$

$$N_3 := \beta \cdot N_7$$

$$n_{s,7} := x_{s,7} \cdot N_7$$

$$n_{s,3} := x_{s,3} \cdot N_3$$

Баланс випарника

$$n_{s,5} := n_{s,6} + n_{s,7}$$

$$N_5 := \sum_{s=1}^4 n_{s,5}$$

$$x_{s,5} := \frac{n_{s,5}}{N_5}$$

Сумарний матеріальний баланс:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x =	0.3	0.01	0.05	0	0.058	0.667	0.05	0.05	0	0.504	0
2	0.1	0	0.019	0	0.021	0.133	0.019	0.019	0	0.196	0
3	0	0	0.931	1	0.921	0.2	0.931	0.931	1	0.3	1
4	0.6	0.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
n =	300	6	219	0	513	75	438	219	0	219	0	МОЛЬ ГОД
2	100	0	85	0	185	15	170	85	0	85	0	
3	0	0	4075	4097	8172	23	8150	4075	3945	130	153	
4	600	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
N ^T =	1000	606	4379	4097	8870	113	8758	4379	3945	434	153	МОЛЬ ГОД

Перевірка: $ErrStr := \frac{N_8 - N_9 - N_{10}}{N_8}$

$$ErrStr = 0$$

$$Errx := \sum_{j=1}^{11} \left(\sum_{s=1}^4 x_{s,j-1} \right)$$

$$Errx = 0$$

$$\text{МОЛЬ} \equiv 1 \quad \text{ГОД} \equiv 1$$