Материальный баланс многокомпонентной смеси

Практическое занятие

Выбор задания для расчёта материального баланса

вариант	состав	Изобутан	Н-бутан	Изопентан	Н-пентан	Н-гексан	Производительность кг/ч
1	F	20	10	10	30	30	15000
	D		1,0	0,2	0	0	
	W	0,5					
2	F	15	15	15	25	30	20000
	D			0,6	0,15	0	
	W	0,2	0,8				
3	F	10	15	20	30	25	25000
	D				1,5	0,4	
	W	0	0,5	2,0			
4	F	30	30	10	10	20	30000
	D					0,4	
	W	0	0	0,3	1,5		
5	F	30	10	10	40	10	17000
	D		0,7	0,15	0	0	
	W	0,4					
6	F	25	15	30	15	15	22000
	D			0,8	0,21	0	
	W	0,25	1,0				
7	F	10	30	10	40	10	28000
	D			1,86	0,14	0	
	W	0	0,17	15,59			
8	F	10	10	40	20	20	19000
	D				24,88	0	
	W	0	0	0,11	0,65		
9	F	10	15	20	30	25	25000
	D				1,5	0,4	
	W	0	0,5	2,0			
10	F	10	30	10	40	10	36000
	D			0,6	0,14	0	
	W	0	0,17	0,7			

№	состав исходной смеси, масс. дол.,%					Производительность, кг/ч	состав дистиллата, масс.дол.,%					состав кубового остатка, масс.дол.,%				
	Н-пентан	Н-гексан	бензол	Н-гептан	толуол		Н-пентан	Н-гексан	бензол	Н-гептан	толуол	Н-пентан	Н-гексан	бензол	Н-гептан	толуол
11	5,0	15,0	25,0	30,0	25,0	10000			0,8	0,2	0	0	0,3			
12	1,0	16,0	30,0	23,0	30,0	20000				1,1	0,1	0	0	0,6		
13	2,0	21,0	32,0	30,0	15.0	30000				0,7	0,1	0	0	0,5		
14	4,0	25,0	28,0	35,0	18,0	40000			0,9	0,1	0	0,1	0,6			
15	3,0	20,0	27,0	27,0	23,0	50000			0,5	0	0	0	0,5			
16	3,0	16,0	11,0	20,0	50,0	11000					0,6	0	0	0,2	0,6	
17	40,0	20,0	20,0	10,0	10,0	12000		0,6	0,1	0	0	0,5				
18	30,0	14,0	11,0	20,0	25,0	13000		0,7	0,2	0	0	1,0				
19	26,0	12,0	18,0	21,0	23,0	14000		0,9	0,3	0	0	0,4				
20	12,0	18,0	40,0	20,0	10,0	15000				0,5	0,1	0	0	0,5		
21	10,0	15,0	26,0	26,0	23,0	16000				0,8	0,2	0	0	0,6		
22	5,0	15,0	25,0	30,0	25,0	17000			0,8	0,2	0	0	0,3			
23	1,0	16,0	30,0	23,0	30,0	18000				1,1	0,1	0	0	0,6		
24	2,0	21,0	32,0	30,0	15.0	19000				0,7	0,1	0	0	0,5		
25	4,0	25,0	28,0	35,0	18,0	25000			0,9	0,1	0	0,1	0,6			
26	3,0	20,0	27,0	27,0	23,0	26000			0,5	0	0	0	0,5			
27	3,0	16,0	11,0	20,0	50,0	27000					0,6	0	0	0,2	0,6	
28	40,0	20,0	20,0	10,0	10,0	28000		0,6	0,1	0	0	0,5				
29	30,0	14,0	11,0	20,0	25,0	29000		0,7	0,2	0	0	1,0				
30	26,0	12,0	18,0	21,0	23,0	30000		0,9	0,3	0	0	0,4				
31	12,0	18,0	40,0	20,0	10,0	31000				0,5	0,1	0	0	0,5		
32	10,0	15,0	26,0	26,0	23,0	31000				0,8	0,2	0	0	0,6		
33	3,0	16,0	11,0	20,0	50,0	33000					0,6	0	0	0,2	0,6	
34	40,0	20,0	20,0	10,0	10,0	34000		0,6	0,1	0	0	0,5				

Оформляем таблицу материального баланса

Исходные данные

наименование	M, кмоль/кг	питание				дистиллят				куб			
		кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%	кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%	кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%
Изобутан	58		10,00								0,00		
н-бутан	58		15,00								0,50		
изопентан	72		20,00										
н-пентан	72		30,00				1,50						
н-гексан	86		25,00				0,40						
Итого:		22550,00	100,00				100,00				100,00		

- В Microsoft Excel создаём таблицу материального баланса
- Вносим исходные данные для питания колонны, дистиллята и кубового остатка
- Вносим исходные данные по производительности колонны по питанию

Производим расчет столбца «ПИТАНИЕ»

наименование	M, кмоль/кг	питание				дистиллят				куб			
		кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%	кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%	кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%
Изобутан	58	2255,0	10,00	38,88	12,17						0,00		
н-бутан	58	3382,5	15,00	58,32	18,26						0,50		
изопентан	72	4510,0	20,00	62,64	19,61						2,00		
н-пентан	72	6765,0	30,00	93,96	29,42		1,50						
н-гексан	86	5637,5	25,00	65,55	20,53		0,40						
Итого:		22550,00	100,00	319,35	100,00		100,00				100,00		

- Находим количество веществ

22550,0*10/100=2255,00 кг/ч (остальные строки аналогично)

- Определяем количество вещества

2255,0/58=38,88 кмоль/ч (остальные аналогично)

- Находим сумму кмоль/ч
- Определяем мольные доли % компонентов

(38,88/319,35)*100=12,17 мол. дол.,%

Решаем систему

Уравнение материального баланса

Основное уравнение материального баланса

$$F = D + W$$

Составляем систему уравнений

$$F * x_{f1} = D * x_{d1} + W * x_{w1}$$

$$F * x_{f2} = D * x_{d2} + W * x_{w2}$$

$$F * x_{f3} = D * x_{d3} + W * x_{w3}$$

$$F * x_{f4} = D * x_{d4} + W * x_{w4}$$

$$F * x_{f5} = D * x_{d5} + W * x_{w5}$$

$$\sum_{i=1} x_f = 1{,}0000$$

$$\sum_{i=1} x_d = 1{,}0000$$

$$\sum_{i=1} x_w = 1{,}0000$$

$$22550 * \left(\frac{10}{100}\right) = D * x_{d1} + W * 0$$

$$22550 * \left(\frac{15}{100}\right) = D * x_{d2} + W * \left(\frac{0{,}5}{100}\right)$$

$$22550{,}0 * \left(\frac{20}{100}\right) = D * x_{d3} + W * \left(\frac{2}{100}\right)$$

$$22550 * \left(\frac{30}{100}\right) = D * \left(\frac{1{,}5}{100}\right) + W * x_{w4}$$

$$22550 * \left(\frac{25}{100}\right) = D * \left(\frac{0{,}4}{100}\right) + W * x_{w5}$$

$$\sum_{i=1} x_f = 1{,}0000$$

$$\sum_{i=1} x_d = 1{,}0000$$

$$\sum_{i=1} x_w = 1{,}0000$$

$$
\begin{cases}
2255{,}00 = D * x_{d1} + W * 0 \\
3382{,}50 = D * x_{d2} + W * 0{,}005 \\
4510{,}00 = D * x_{d3} + W * 0{,}02 \\
6765{,}00 = D * 0{,}015 + W * x_{w4} \\
5637{,}50 = D * 0{,}004 + W * x_{w5} \\
\sum_{i=1} x_f = 1{,}0000 \\
\sum_{i=1} x_d = 1{,}0000 \\
\sum_{i=1} x_w = 1{,}0000
\end{cases}
$$

$$6765{,}00 + 5637{,}50 = D * 0{,}015 \quad + D * 0{,}004 + W * x_{w4} + W * x_{W5}$$

$$12402{,}5 = D * (0{,}015 \quad + 0{,}004) + W * (x_{w4} + x_{W5})$$

$$12402{,}5 = D * 0{,}019 + W * (x_{w4} + x_{W5})$$

$$(x_{w4} + x_{W5}) = 1 - 0 - 0{,}005$$

$$(x_{w4} + x_{W5}) = 0{,}995$$

$$12402{,}5 = D * 0{,}019 + W * 0{,}995$$

$$12402{,}5 = D * 0{,}019 + W * 0{,}995$$

- Выражаем D, согласно основному уравнению материального баланса

$$F=D+W$$

$$D=F-W$$

$$12402{,}5 = (F - W) * 0{,}019 + W * 0{,}975$$

$$12402{,}5 = (22550{,}0 - W) * 0{,}019 + W * 0{,}975$$

$$12402{,}5 = 428{,}45 - 0{,}019 * W + W * 0{,}975$$

$$12402{,}5 - 428{,}45 = 0{,}956 * W$$

$$12402{,}5 - 428{,}45 = 0{,}956 * W$$

$$11973{,}55 = 0{,}956 * W$$

$$W = \frac{11973{,}55}{0{,}956} = 12525{,}16 \text{ кг/ч}$$

D=F-W

$$D = 22550{,}00 - 12525{,}16 = 10024{,}84$$ *кг/ч*

Определяем состав дистиллята и питания

Определяем неизвестный состав дистиллята и кубового остатка

Результат

наименование	M	питание				дистиллят				куб			
		кг/ч	мас. дол. %	кмоль/ч	мол. дол.%	кг/ч	мас. дол.%	кмоль/ч	мол. дол.%	кг/ч	мас%	кмоль/ч	мол. дол. %
Изобутан	58	2255,00	10,00	38,88	12,17	2255,00	22,49	38,88	24,63	0,00	0,00	0,00	0,00
н-бутан	58	3382,50	15,00	58,32	18,26	3319,87	33,12	57,24	36,27	62,63	0,50	1,08	0,67
изопентан	72	4510,00	20,00	62,64	19,61	4259,50	42,49	59,16	37,48	250,50	2,00	3,48	2,15
н-пентан	72	6765,00	30,00	93,96	29,42	150,37	1,50	2,09	1,32	6614,63	52,81	91,87	56,88
н-гексан	86	5637,50	25,00	65,55	20,53	40,10	0,40	0,47	0,30	5597,40	44,69	65,09	40,30
Итого:		22550,00	100,0	319,35	100,0	10024,84	100,00	157,83	100,0	12525,16	100	161,51	100,0