

специфического связывания холестерина с легко доступными импринт-сайтами в поверхностном импринтированном слое.

Таблица 2. Сорбционные константы Темкина и термодинамические функции сорбции холестерина

Сорбент	ΔH , кДж/ моль	293 К				310 К			
		b , кДж/ моль	K_1 , л/г	ΔG , кДж/ моль	$T\Delta S$, кДж/ моль	b , кДж/ моль	K_1 , л/г	ΔG , кДж/ моль	$T\Delta S$, кДж/ моль
КП	56.05	7.37	1.28	-0.6	56.65	25.51	4.53	-3.89	59.93
МИП-2	-78.42	43.51	8.85	-5.31	-73.11	17.70	1.51	-1.06	-77.36
МИП-4	-16.72	13.62	1.56	-1.08	-15.64	9.86	1.07	-0.17	-16.55
МИП-6	-20.28	6.88	2.18	-1.9	-18.38	10.06	1.38	-0.83	-19.45

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта № 18-03-00835).

ЛИТЕРАТУРА

1. Piletska, E.V. Influence of the polymerization conditions on the performance of molecularly imprinted polymers Piletska E.V., Guerreiro A.R., Whitcombe M.J., Piletsky S.A. // *Macromolecules*. 2009. V.42. N.12. P. 4921–4928.

2. Subramaniam, A.B. Mechanics of interfacial composite materials / A.B. Subramaniam, M. Abkarian, L. Mahadevan, H.A. Stone // *Langmuir*, 2006. V. 22. P. 10204–10208.

3. Polyakova, I. Surface molecularly imprinted organic-inorganic polymers having affinity sites for cholesterol / I. Polyakova, L. Borovikova, A. Osipenko, E. Vlasova, B. Volchek, O. Pisarev // *Reactive and Functional Polymers*, 2016. V. 109. P. 88–98.

4. Temkin, M.I. Recent modification to Langmuir isotherms / M.I. Temkin, V. Pyzhev // *Acta Physiochim*. 1940. V. 12. P. 217–222.

УДК 661.842.4

К. В. Охрименко, студент
магистратуры

А.Л. Концевой, доц., канд. техн. наук
(КПИ им. Игоря Сикорского, Киев)

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ АППАРАТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

Стадию нейтрализации азотной кислоты аммиаком в производстве нитрата аммония (аммиачной селитры) проводят в аппарате

использования тепла нейтрализации (ИТН). Аппарат ИТН состоит из двух частей – реакционной и сепарационной [1, 2]. Учебная литература, например [3], уделяет внимание расчетам только реакционной части аппарата. Материальный баланс на 1 т аммиачной селитры для процесса под давлением близким к атмосферному такого упрощенного расчета представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Упрощенный материальный баланс аппарата ИТН

Приход	кг	%	Расход	кг	%
Аммиак	214,63	13,53	Раствор NH_4NO_3 ,	1073,05	67,66
			в т.ч.:		
			NH_4NO_3	1000,00	93,19
			H_2O	73,05	6,81
Раствор азотной кислоты, в т.ч.:	1371,34	86,47	Соковый пар	502,91	31,71
			Потери:		
HNO_3	795,38	58,00	HNO_3	7,88	0,5
H_2O	575,96	42,00	NH_3	2,13	0,13
Всего	1585,96	100,00	Всего	1585,96	100,00

Концентрация раствора аммиачной селитры на выходе аппарата ИТН (в данном случае 93,19%) определяется итерационным расчетом в среде Excel при условии, что тепловые потери по данным теплового баланса составляют от 2 до 5%. Нами выполнен расширенный расчет материального и теплового балансов аппарата ИТН: аппарата в целом и обеих зон. Результаты расчетов приведены в таблицах 2, 3, 4. Анализ результатов многовариантных расчетов в среде Excel позволяет лучше понять процессы, проходящие в промышленном аппарате ИТН. В расчетах учтены уносы из реакционной зоны с соковым паром аммиачной селитры, азотной кислоты и аммиака, а также конденсация части водяного пара на 3 и 4 тарелках.

Очистка сокового пара на 1 и 2 тарелках (счет снизу вверх) повышает концентрацию аммиачной селитры в растворе от 20 до 23,33%. Уносимый из реакционной зоны аммиак нейтрализуется азотной кислотой, подаваемой на 2 тарелку вместе с 20% раствором. Унос аммиачной селитры с последующей абсорбцией на 3 и 4 тарелках позволяет получить её 5,46% раствор. Отвод теплоты с раствором после 3 тарелки и подача слабого (23,32%) раствора аммиачной селитры в реакционную зону определяют концентрацию

NH_4NO_3 89,18%, близкую к промышленным данным и меньшую, чем в таблице 1 (упрощенный расчет).

Таблица 2 – Сводный материальный баланс аппарата ИТН

Приход	кг	%	Расход	кг	%
1. Раствор азотной кислоты, в т.ч.:			1. Раствор NH_4NO_3 , в т.ч.:		
HNO_3	1362,07	74,94	NH_4NO_3 : синтез + с 1 тарелки	1142,38	62,84
H_2O	790,0	58	H_2O	1018,78	89,18
	572,07	42		121,98	10,68
2. Аммиак	214,5	11,80	HNO_3	1,62	0,14
3. Раствор амселитры на 2 тарелку, в т.ч.:			2. Соковый пар, в т.ч.:		
NH_4NO_3	125	6,88	водяной пар	514,67	28,31
H_2O	25	20	NH_4NO_3	510,30	99,15
HNO_3	96,26	77,01	HNO_3	2,19	0,42
	3,74	2,99		2,19	0,42
4. Конденсат на 4 тарелку			3. Конденсат – слабый раствор NH_4NO_3 , в т.ч.:		
	116	6,38	NH_4NO_3	160,84	8,85
			H_2O	8,78	5,46
				152,06	94,54
Всего	1817,57	100	Всего	1817,88	100

Таблица 3 – Материальный баланс реакционной части аппарата

Приход	кг	%	Расход	кг	%
1. Азотная кислота, в т.ч.:			1. Раствор NH_4NO_3 , в т.ч.:		
HNO_3	1362,07	79,63	NH_4NO_3	1142,38	66,77
H_2O	790	58	H_2O	1018,78	89,18
	572,07	42		121,98	10,68
2. Аммиак	214,5	12,54	HNO_3	1,62	0,14
3. Слабый раствор NH_4NO_3 с 1 тарелки, в т.ч.:			2. Соковый пар, в т.ч.:		
NH_4NO_3	134,09	7,84	водяной пар	568,60	33,23
H_2O	31,26	23,32	NH_4NO_3	552,92	97,24
	102,83	76,68	HNO_3	12,48	2,20
			HNO_3	2,19	0,38
			NH_3	1,01	0,18
Всего	1710,66	100	Всего	1710,98	100

Таблица 4 – Материальный баланс сепарационной части аппарата

Приход	кг	%	Расход	кг	%
1. Конденсат на 4 тарелку	116,00	14,33	1. Соковый пар, в т.ч.:	514,67	63,57
2. Раствор NH ₄ NO ₃ на 2 тарелку, в т. ч.:	125,00	15,44	водяной пар	510,30	99,15
NH ₄ NO ₃	25,00	20,00	NH ₄ NO ₃	2,19	0,42
H ₂ O	96,26	77,01	HNO ₃	2,19	0,42
HNO ₃	3,74	2,99	2. Конденсат – слабый раствор NH ₄ NO ₃ , в т.ч.:	160,84	19,87
3. Соковый пар из реакционной части, в т.ч.:	568,60	70,23	NH ₄ NO ₃	8,78	5,46
водяной пар	552,92	97,24	H ₂ O	152,06	94,54
NH ₄ NO ₃	2,19	0,38	3. Раствор NH ₄ NO ₃ в реакционную часть, в т. ч.:	134,09	16,56
HNO ₃	12,48	2,20	NH ₄ NO ₃	31,26	23,32
NH ₃	1,01	0,18	H ₂ O	102,83	76,68
Всего	809,60	100	Всего	809,60	100

ЛИТЕРАТУРА

1. Олевский В. М. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности / Под ред. В. М. Олевского. – М.: Химия, 1990. – 286с.
2. Чернышев А.К. Аммиачная селитра: свойства, производство, применение. / А.К. Чернышев, Б.В. Левин, А.В. Туголуков и др. – М.: ЗАО «Инфохим», 2009. – 544 с.
3. Позин М. Е. Расчеты по технологии неорганических веществ: учеб. пособ. для высш. учеб. завед. / Под ред. М.Е. Позина. - Л.: Химия, 1977. – 493 с.