

УДК 66.021.1

В.Ф. Беккер

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ КОМПРОМИССА МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Рассмотрена задача интенсификации и рациональной организации технологического процесса в отдельном аппарате и решение средствами конструирования. Показана оптимизация параметров конструкции абсорбционной колонны с вращающейся подвижной насадкой на основе компромисса между интенсивностью и энергопотреблением.

Ключевые слова: технологический аппарат, параметры конструкции, оптимизация, энергопотребление, интенсификация массопереноса.

Энергетический и экологический кризисы побудили ученых многих стран в ходе интенсификации производства (особенно в добывающей, горной, металлургической, химической промышленности) искать возможные пути снижения энергопотребления. Интенсификация и рациональная организация технологических процессов в отдельном аппарате, достигнутая средствами конструирования, обеспечивает его устойчивую эффективность при существенном ограничении энергопотребления. Интенсификацию проводят методом интенсифицирующих факторов и/или методом структурной оптимизации.

В основу первого метода положено увеличение скоростей химических реакций и физических процессов. Его применение для коренного изменения старых технологий решает одновременно и проблему обеспечения малоотходности за счет достаточной глубины и полноты переработки сырья при снижении занимаемых площадей и капиталовложений в производственное и очистное оборудование.

Структурная оптимизация предполагает, что интенсификация процессов обеспечивает малоотходность в самом производственном процессе. Задачи интенсификации в этом случае эффективно решаются путем системного анализа химико-технологической системы. Такая интенсификация применима при проектировании и введении в эксплуатацию новых промышленных производств, но она чрезвычайно затратна при реконструкции существующих предприятий. В этом случае целесообразна компромиссная (разрешение конфликтной ситуации путём взаимных уступок) интенсификация с помощью первого метода.

Рассмотрим пример такой компромиссной оптимизации конструкции абсорбционной колонны с вращающейся подвижной насадкой. Здесь, наряду с интенсификацией абсорбции важно снизить энергозатраты на продувку через аппарат газового потока, псевдооживающего подвижную насадку. Конструктивными параметрами такой колонны являются: доля свободного сечения опорно-распределительной решетки f , статическая

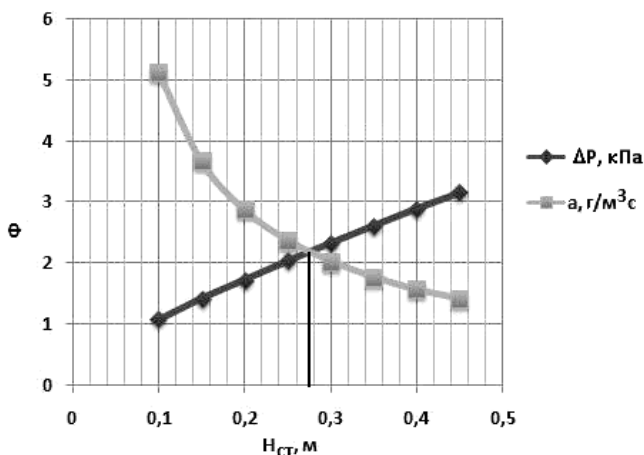


Рис. 1. Составляющие $a(H_{ст})$ и $\Delta P(H_{ст})$ компромиссного критерия Φ (оптимальная высота слоя насадки – $H_{ст}=0,27$ м)

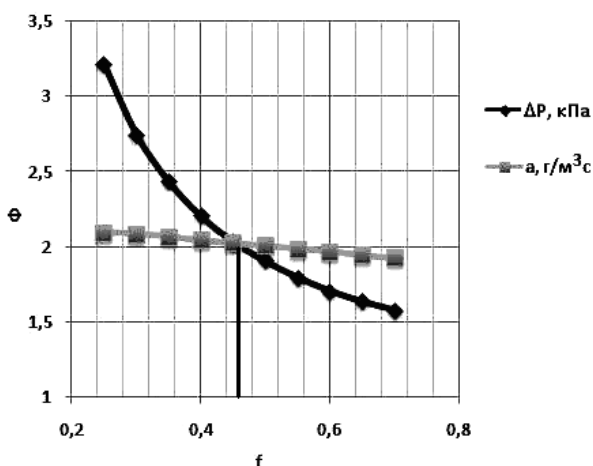


Рис. 2. Составляющие $a(f)$, $\Delta P(f)$ компромиссного критерия Φ (оптимальная доля свободного сечения решетки $f = 0,46$)

высота слоя насадки $H_{ст}$, кажущаяся плотность материала насадки $\rho_{ш}$ и диаметр колонны D_k . Различным состояниям материальных потоков на входе абсорбционной колонны по математической модели процесса абсорбции аммиака водой [1] определены соответствующие параметры

потоков на выходе из аппарата. Показателями, количественно оценивающими составляющие интенсивности и энергопотребления, являются (в соответствии с рекомендациями, приведенными в [2]) удельная интенсивность абсорбции $a(f, H_{ст}, \rho_{ш}, D_k)$, равная массе абсорбированного компонента в единицу объема аппарата в единицу времени, и гидравлическое сопротивление колонны $\Delta P(f, H_{ст}, \rho_{ш}, D_k)$.

Обобщающий критерий Φ записан согласно [3] из условия эквивалентности вклада в этот критерий составляющей эффективности процесса, характеризуемой удельной интенсивностью абсорбции, и вклада другой составляющей – энергопотребления, определяемой гидравлическим сопротивлением ΔP . Диапазоны изменения $\Delta P = 5$ кПа, удельной интенсивности $a = 15$ г/(м³с). Весовыми коэффициентами составляющие критерия Φ приведены сначала к одинаковой размерности – Па, а затем выбраны их величины, равные $k_1=1$ и $k_2 = 0,33 \cdot 10^3$ м²/с. Критерий

оптимизации Φ приобрел вид $\Phi = k_1 \cdot \Delta P - k_2 \cdot a$, где k_1 и k_2 – весовые коэффициенты при частных критериях: удельной интенсивности абсорбции a и гидравлическом сопротивлении ΔP . Задача оптимизации приобрела вид

Результаты компромиссной оптимизации колонны с подвижной насадкой

Параметр конструкции	Диапазон изменения	Перепад давления, кПа	Удельная интенсивность, г/м ³ ·с	Весовой коэффициент		Оптимальное значение
				k_1	$k_2 \cdot 10^3, \text{ м}^2/\text{с}$	
Диаметр колонны, м	2,40 ... 1,00	1,4 ... 4,7	6,4 ... 6,6	–	–	1,70
Высота статического слоя, м	0,45 ... 0,10	3,2 ... 1,1	4,2 ... 14,9	1,00	0,33	0,27
Доля свободного сечения	0,70 ... 0,25	1,6 ... 3,2	6,5 ... 7,3	1,00	0,33	0,46
Плотность насадки, кг/м ³	800 ... 250	3,5 ... 1,9	8,6 ... 6,7	1,00	0,33	380

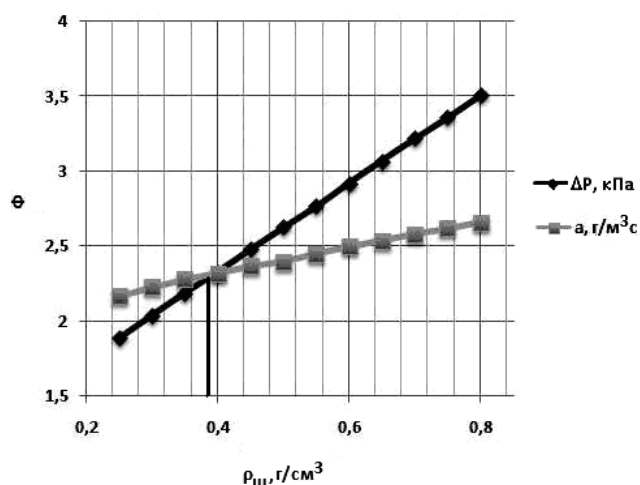


Рис. 3. Составляющие $a(\rho_{ш})$, $\Delta P(\rho_{ш})$ компромиссного критерия Φ (оптимальная плотность материала насадки $\rho_{ш} = 0,38$ кг/м³)

$$\Phi(\Delta P, a) \Rightarrow \min_{\Delta P, a} |k_1 \cdot \Delta P - k_2 \cdot a|$$

$$f_{\min} < f < f_{\max}$$

$$H_{ст \min} < H_{ст} < H_{ст \max}$$

$$\rho_{ш \min} < \rho_{ш} < \rho_{ш \max}$$

$$D_k = \text{const}$$

Поисковая процедура пошаговых итераций в точках расчета была совмещена с найденными на предыдущих этапах поиска оптимальными значениями конструктивных параметров.

Зависимости составляющих компромиссного критерия Φ от статической высоты слоя насадки $a(H_{ст})$, $\Delta P(H_{ст})$ и полученная оптимальная величина слоя насадки представлены на рис. 1.

Полученные зависимости составляющих компромиссного критерия Φ от плотности материала насадки $a(\rho_{ш})$, $\Delta P(\rho_{ш})$ и оптимальная доля свободного сечения решетки представлены на рис. 2.

Аналогичные зависимости составляющих компромиссного критерия Φ от доли свободного сечения опорно-распределительной решетки $a(f)$, $\Delta P(f)$ и полученное значение оптимальной доли свободного сечения решетки представлены на рис. 3.

Границы области выполненного поиска и полученные оптимальные значения конструктивных параметров f , $H_{ст}$, $\rho_{ш}$, D_k приведены в таблице.

Выводы

Выполнен анализ влияния конструктивных параметров на эффективность технологического процесса и на

требуемые для его проведения энергозатраты, соответственно, по степени абсорбции и гидравлическому сопротивлению аппарата. Веден критерий эффективности абсорбции в колонне с вращающейся подвижной насадкой – удельная интенсивность абсорбции, показывающий какое количество газа поглощается одним кубическим метром объема псевдоожи-

женного слоя в единицу времени. Предложен критерий многопараметрической оптимизации в виде компромисса между удельной интенсивностью и энергозатратами. Выявлены и ограничения. Сформулирована и решена задача компромиссной оптимизации параметров конструкции абсорбционной колонны с вращающейся подвижной насадкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер В.Ф., Киссельман И.Ф. Математическое моделирование абсорбции аммиака в колонне с вращающейся подвижной насадкой. Научно-технический вестник Поволжья, №1, 2011. – С. 76-85.
2. Беккер В.Ф., Киссельман И.Ф. Оптимизация конструктивных параметров колонны с вращающейся подвижной насадкой. Научно-технический вестник Поволжья, №2, 2011. – С. 41-48.
3. Беккер В.Ф. Балансирование интенсивности и энергопотребления аппаратов химической технологии. Инженерные средства и методы оптимизации химических производств: Всеукраинская науч. конф. с междунар. участием 17-19 мая 2011 г.: материалы, – Днепропетровск, 2011. – С. 41-43. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Беккер Вячеслав Филиппович – кандидат технических наук, профессор, Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета, bekker@bf.pstu.ac.ru



ДИССЕРТАЦИИ ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
КОРОБКОВА Елена Ананьевна	Обоснование геотехнологических параметров и продолжительности консервации неглубоких угольных разрезов	25.00.22	к.т.н.