

ИССЛЕДОВАНИЕ К. П. Д. РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ С ПРОВАЛЬНЫМИ РЕШЕТЧАТЫМИ ТАРЕЛКАМИ, II

ВЛИЯНИЕ ФЛЕГМОВОГО ЧИСЛА

П. ФЕЛЬДЕШ и И. ЕВАНГЕЛИДИ

Политехнический Институт, Будапешт
Кафедра процессов и аппаратов хим. промышленности

(Поступило 14. марта 1964 г.)

В предыдущей работе [1] нами было изучено влияние скорости пара на эффективность провальных решетчатых тарелок, при полном возврате флегмы и атмосферном давлении. С практической точки зрения имеет большое значение исследование влияния флегмового числа на разделяющую способность колонны, так как промышленные установки работают с отбором дистиллята. Тема представляет интерес тем более потому, что характер работы тарелок данного типа — в отличие от других конструкций — обуславливается не только скоростью пара, но также в значительной мере зависит от нагрузок по жидкости. Интересно отметить, что, несмотря на важность вопроса, в литературе до сих пор, как нам известно, нет сообщений по этому поводу.

Нами были проведены опыты с конечным флегмовым числом при разных скоростях пара с различными смесями и тарелками двух конструкций; опыты проводились под атмосферным давлением.

Экспериментальная часть

Опытная, полужаводская установка и методика проведения экспериментов описаны в предыдущей работе [1]. Опыты проводились при постоянной скорости пара с изменением количества отбираемого дистиллята (вентиль II).

В ходе опытов проверялось постоянство суммы числа молей флегмы и дистиллята с помощью соответствующих ротаметров (*a* и *b*). Таким образом контролировалось и постоянство скорости пара. Влияние изменения температуры в верхней части колонны, вызванного изменением флегмового числа, при расчете скорости не принималось во внимание, так как оно дало небольшие отклонения, примерно в пределах 2—3%. Дистиллят возвращался в куб.

Результаты опытов и их обсуждение

А. Тарелки со свободным сечением в 22,6%

Рисунки 1 и 2 показывают зависимости эффективностей тарелок от отношений количеств орошаемой жидкости и пара (L/G) при разных постоянных, линейных скоростях пара со смесью этиловый спирт—вода. Как видно из рисунков, флегмовое число сильно влияет на к. п. д., особенно при значениях (L/G), близких к единице. При небольших нагрузках по жидкости влияние количества орошения является относительно незначительным. Ход кривых объясняется гидродинамическими условиями работы тарелок провального типа. До некоторого флегмового числа слой жидкости на тарелке не велик, а начиная с этой величины образуется пена, что связано

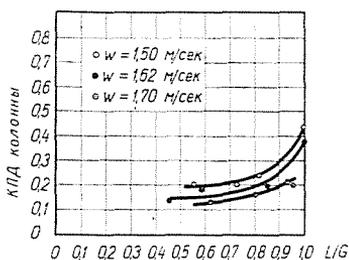


Рис. 1. Концентрация в кубе 0,2—1,1 моль %

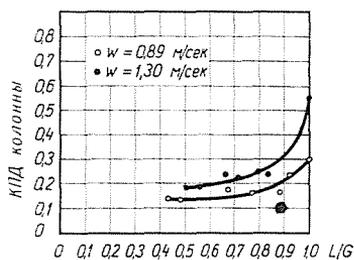


Рис. 2. Концентрация в кубе 0,2—1,1 моль %

с увеличением поверхности фазового контакта. Последним обуславливается повышение эффективности массопередачи и поэтому такие зависимости разделяющей способности тарелок от нагрузки по жидкости являются характерными для устройств провального типа.

Можно также отметить, что влияние скорости пара на к. п. д. при неполной флегме аналогично наблюдаемому в случае полного возврата флегмы. Кривые, соответствующие разным скоростям пара (рис. 1 и 2) при большей паровой нагрузке, располагаются выше, примерно до 1,3—1,5 м/сек. При скоростях пара, больших этих значений, кривые зависимости эффективности колонны от количества орошаемой жидкости располагаются ниже с повышением нагрузки по пару.

Для иллюстрации вышесказанного, опытные данные были обработаны в виде графиков $\eta - w$ при постоянных значениях L/G (рис. 3). При этом, соответствующие значения к. п. д. были получены пересечением первоначальных экспериментальных кривых (рис. 1 и 2) при указанных на рис. 3. величинах L/G .

Как видно, кривые, при разных флегмовых числах, имеют также максимумы, места которых, с уменьшением нагрузок по жидкости, сдвигаются в направлении больших скоростей пара. Этот факт можно было

ожидать и на основе того, что с уменьшением отношений нагрузок жидкости и пара скорости последнего при захлебывании увеличиваются.

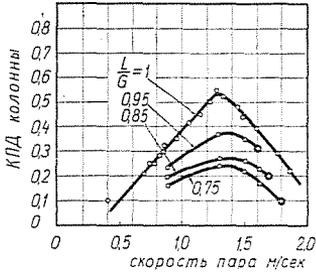


Рис. 3. Концентрация в кубе 0,2—1,1 моль %

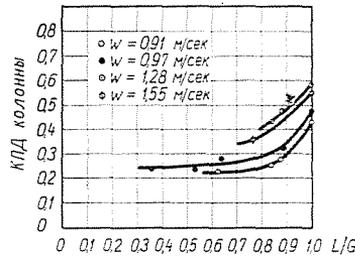


Рис. 4. Концентрация в кубе 1,6—2,5 моль %

Аналогичные кривые были получены при процессе ректификации с большей кубовой концентрацией этилового спирта (рис. 4 и 5). Как уже было отмечено в предыдущем сообщении [1], при больших концентрациях значения к. п. д. выше.

Б. Тарелки со свободным сечением в 11,6°

Рисунки 6—10 показывают влияние величины L/G при разных линейных скоростях пара, при ректификации водной смеси метилового спирта.

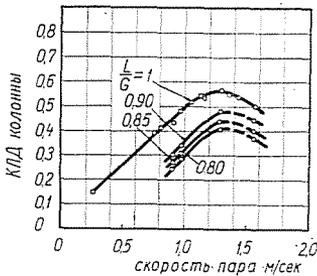


Рис. 5. Концентрация в кубе 1,6—2,5 моль %

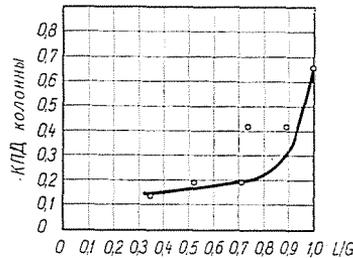


Рис. 6. Концентрация в кубе 1,8—2,3 моль %

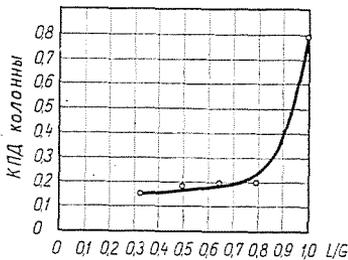


Рис. 7. Концентрация в кубе 1,8—2,3 моль %

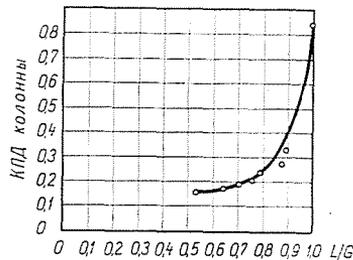


Рис. 8. Концентрация в кубе 1,8—2,3 моль %

На основе показанных данных, с помощью вышеупомянутого способа обработки, были получены кривые $\eta - w$ при разных L/G (рис. 11). Можно заметить, что в случае тарелок меньшего свободного сечения, работа колонны и при неполной флегме является более устойчивой по отношению к изменениям нагрузок пара.

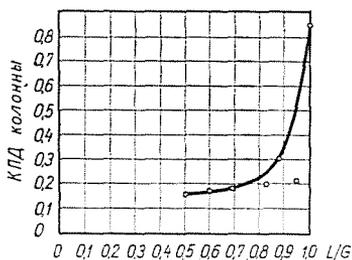


Рис. 9. Концентрация в кубе 1,8—2,3 моль %

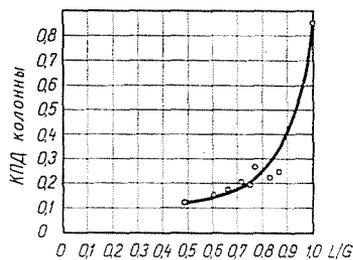


Рис. 10. Концентрация в кубе 1,8—2,3 моль %

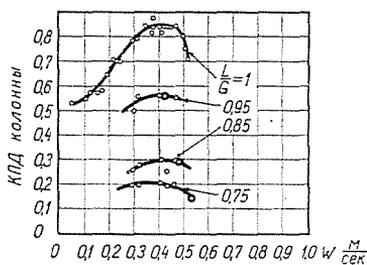


Рис. 11. Концентрация в кубе 1,8—2,3 моль %

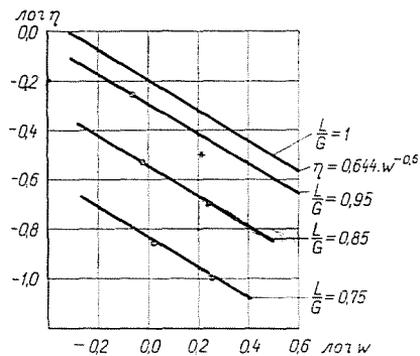


Рис. 12

Обработка экспериментальных данных

С целью получения обобщенной зависимости, учитывающей влияние нагрузок обеих фаз на к. п. д. при предельных скоростях, исходя из уравнения, полученного нами ранее [1], мы провели обработку результатов опытов по следующей формуле:

$$\eta = 0,644 \cdot w^{-0,6} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^n, \quad (1)$$

где n — определяемый показатель степени.

Нанося на рисунок 12 с логарифмическими координатами значения к. п. д. и скоростей пара, взятых в точках захлебывания при одинаковых

L/G , но для тарелок разных свободных сечений, мы получили прямые с одинаковыми углами наклона. Этим подтверждается то предположение, что показатель степени скорости в уравнении (1) при разных значениях L/G является постоянным и равным — 0,6.

Уравнение каждой прямой определялось на основании рисунка 12 по общеизвестному правилу для определения уравнения прямой, проходящей через две точки. Получены таким образом три новых уравнения для случаев $L/G = 0,95, 0,85, 0,75$ (уравнение для случая $L/G = 1$ уже известно), которые имели три константы. Они сопоставлялись с величинами L/G (рис. 13).

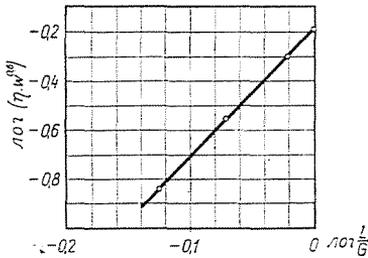


Рис. 13

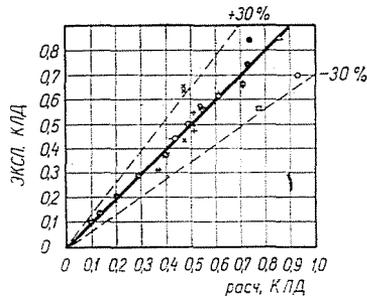


Рис. 14

Таким образом в логарифмических координатах была получена прямая, уравнение которой следующее:

$$\eta w^{0,6} = 0,644 \left(\frac{L}{G} \right)^{5,19} . \quad (2)$$

Произведение в левой части уравнения (2) представляет константы вышеупомянутых трех уравнений. Одновременно уравнение (2) и есть конечная форма зависимости между η , w и L/G . На рисунке 14 и в таблице 1. сопоставлены значения к. п. д., рассчитанные по зависимости (2), с соответствующими экспериментальными величинами.

Большое влияние нагрузки жидкости объясняется своеобразной гидродинамической характеристикой решетчатых провальных тарелок. В отличие от тарелок с переливными устройствами, на тарелках данного типа высота слоя жидкости и тем самым поверхность фазового контакта, играющая важную роль в процессе массопередачи, в значительной мере зависят от величины орошения. Отметим также, что некоторыми авторами [2, 3] получены относительно небольшие показатели степени (0,25, 0,3) величины L/G для колпачковых тарелок.

Уравнение (2) действительно в пределах $L/G = 0,75 - 1$. При слишком больших значениях орошения ($L/G > 1$) наша формула даже в принципе не может отражать реальную картину процесса, так как при действи-

тельности её с увеличением орошения можно было бы достичь любой величины к. п. д., что, конечно, является невозможным.

Таблица 1

Смесь	Обозн.	L/G	$F\%$	η захл.	η расч.	η эксп.	Ссылка
$C_2H_5OH + H_2O$	+	1	22,6	1,44	0,52	0,47	наши данные
„	⊥	0,95	22,6	1,60	0,38	0,31	„
„	≡	0,85	22,6	1,70	0,20	0,20	„
„	#	0,75	22,6	1,80	0,10	0,10	„
„	+	1	22,6	1,43	0,52	0,54	„
$CH_3OH + H_2O$	×	1	22,6	1,62	0,48	0,43	„
„	×	1	22,6	1,62	0,48	0,65	„
„	×	1	22,6	1,62	0,48	0,64	„
„	⊗	1	11,6	0,80	0,74	0,84	„
„	⊙	0,95	11,6	0,85	0,56	0,56	„
„	⊙	0,85	11,6	0,96	0,29	0,29	„
„	⊕	0,75	11,6	1,06	0,14	0,14	„
„	⊗	1	11,6	0,82	0,73	0,74	„
$C_2H_5OH + H_2O$	□	1	11,6	0,73	0,78	0,56	„
$CH_3OH + H_2O$	○	1	7,79	0,54	0,93	0,70	[4] *
„	Φ	1	12,8	0,88	0,71	0,66	[4]
„	⊙	1	15,8	1,09	0,62	0,62	[4]
„	⊙	1	18,4	1,27	0,55	0,57	[4]
„	⊙	1	22,6	1,56	0,49	0,50	[4]
„	⊙	1	27,4	1,89	0,44	0,44	[4]
„	⊙	1	31,4	2,17	0,40	0,37	[4]
$CCl_4 + C_6H_6$	△	1	18,4	0,63	0,86	0,85	[5] **

* Расстояние между тарелками 200 мм

** Расстояние между тарелками 165 мм

Резюме

1. Экспериментально исследовалось влияние флегмового числа на к. п. д. тарелок различного свободного сечения при ректификации различных смесей при постоянной скорости пара. Установлено, что — в отличие от других типов тарелок — разделяющая способность колонны с провальными решетчатыми тарелками в большой степени зависит от соотношения нагрузок жидкость—пар, что объясняется особым механизмом образования слоя жидкости на тарелках без переливных устройств.

2. При небольших нагрузках жидкости к. п. д. является небольшим, на основе чего целесообразно эксплуатировать колонны с решетчатыми тарелками при больших флегмовых числах.

3. Зависимость эффективности колонны от скорости пара имеет одинаковый характер при разных соотношениях нагрузок жидкость—пар.

4. Установлена обобщенная математическая зависимость к. п. д. от скорости пара в полном сечении колонны и от соотношения нагрузок жидкость—пар для состояния

захлебывания. Уравнение в предельном случае действительно при максимально полном возврате флегмы.

Обозначения как в предыдущей работе (стр. 203).

Литература

1. Фёльдеш, П., Евангелиди, И., Чарни, О.: *Periodica Polytechnica*, **8**, 197 (1964).
2. KIRSCHBAUM, E.: *Chem. Ing. Techn.*, **26**, 461 (1954).
3. JU CHIN CHU et al: *Journ. Appl. Chem.*, **1**, 521 (1951).
4. SIZUMURA, S., WATANABE, S.: *Chem. Eng. (Japan)*, **21**, 736 (1957).
5. Аэров, М. Э., Даровских, Е. П.: *Хим. пром.* **2**, 92 (1957).

Dr. Péter FÖLDES, Budapest XI. Műegyetem rakpart 3, Венгрия