

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННОГО АППАРАТА СИСТЕМЫ КТИПП

А. П. НИКОЛАЕВ, П. С. ЦЫГАНКОВ, В. С. БОДРОВ

Киевский технологический институт пищевой промышленности

В работах [1] предложены и рассмотрены статические модели бражной БК, ректификационной РК и эшюрационной ЭК колонн брагоректификационного аппарата БРА системы КТИПП, проведены анализы статических характеристик и затрат на процессы в этих колоннах. Суммарные затраты на брагоректификацию K_{Σ} зависят от расхода пара P^{br} , концентрации этанола в барде X_w^b , бражке X_f^g и в ректифицированном спирте (дистилляте) X_d ; флегмового числа РК R ; процента отбора эфирно-альдегидной фракции ЭАФ из ЭК D ; числа теоретических тарелок в колоннах n ; коэффициента полезного действия тарелок η . При проектировании аппарата значения этих параметров выбираются такими, которые обеспечивают $K_{\Sigma min}$. Их выбор удобнее начинать с рассмотрения ЭК. Зная о необходимости стремиться к уменьшению P^{br} , выберем расход пара на эшюрацию P^g минимальным.

На рис. 1 а, б изображены зависимости P^g от числа теоретических тарелок низа ЭК n_n^g , степени извлечения примесей α и X_f^g . Задав значение α , соответствующим максимальному содержанию примеси в бражке, и максимально возможным n_n^g , определяем P_{min}^g , необходимый для извлечения данной примеси. Наибольшую величину P_{min}^g определит наиболее трудно извлекаемая (определяющая) примесь. Так, для мелассных бражек определяющей примесью из числа рассмотренных является ацетальдегид. Для его извлечения (например, при $n_n^g = 7,5$) требуется $P_{min}^g = 0,1$ моль/моль питания (3,5 моль/моль дистиллята). Для зерно-картофельной бражки такой примесью будет метанол. Для его извлечения при том же n_n^g потребуется $P_{min}^g = 0,3$ моль/моль питания (10 моль/моль дистиллята).

В верхней части ЭК [1] взаимосвязаны число теоретических тарелок n_v^g и D : уменьшение D сопровождается ростом требуемого n_v^g . Значение D , существенно влияющее на величину затрат на эшюрацию K^g , следует выбирать допустимо малым, обеспечивающим полный отвод примесей с ЭАФ при максимально возможном n_v^g (рис. 1в). Если необходимое n_v^g окажется слишком большим для достижения желаемого D , то нужно пересмотреть выбор P^g . Так, при $P^g = 0,1$ моль/моль питания концентрирование и полное удаление этилацетата и ацетальдегида обеспечиваются при $D = 0,5$ и $n_v^g = 7$; концентрирование и удаление метанола при $P_{min}^g = 0,3$ моль/моль питания потребуют увеличения отбора ЭАФ до 5,5–6,0% при $n_v^g = 9$. Определенные таким образом параметры работы и n ЭК обусловят K_{min} .

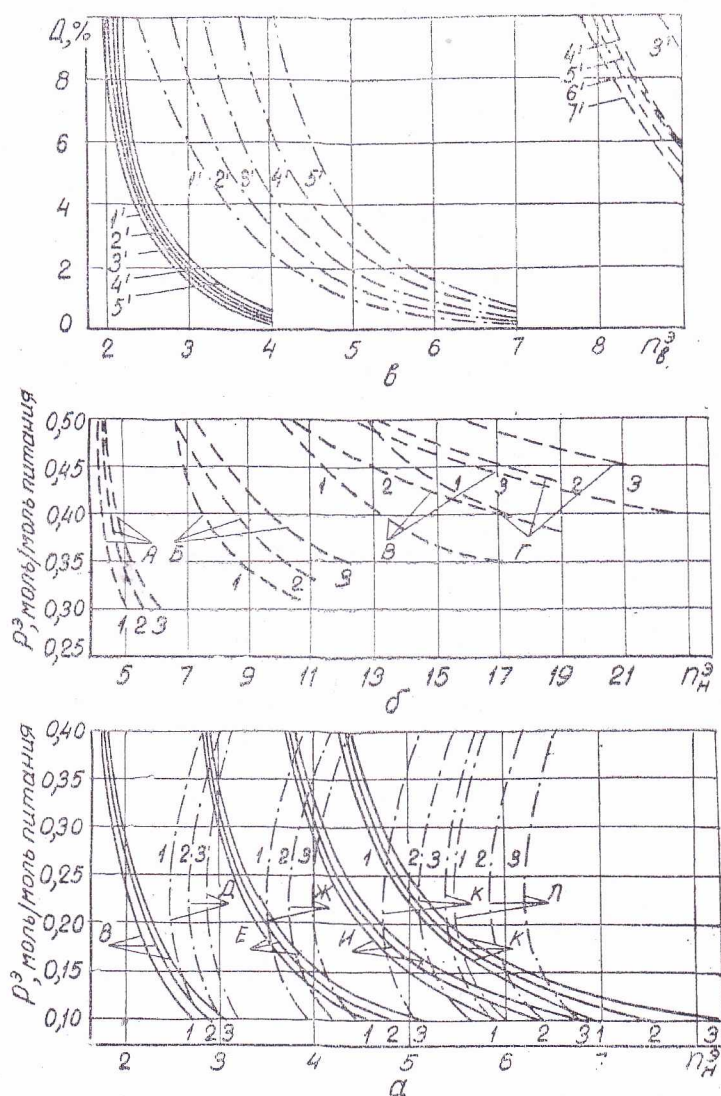


Рис. 1. Статическая характеристика эпорационной колонны: а) вываривание ацетальдегида и этилацетата; б) вываривание метанола; в) концентрирование примесей ($X_f^p = 7,5$ об. %). P^p , моль/моль питания: 1' — 0,1; 2' — 0,15; 3' — 0,2; 4' — 0,25; 5' — 0,3; 6' — 0,35; 7' — 0,4. X_f^p , об. %: 1 — 5,0; 2 — 7,5; 3 — 10,0. α : А — 5, Б — 10, В — 20, Г — 30, Д — 50, Е — 100, Ж — 200, И — 400, К — 1000, Л — 2500.

(рис. 2 г), которые для наших примеров (при $X_f^p = 7,5$ об. %, $\eta = 0,45$) составят: а) для мелассных бражек — 0,24 коп/дал абсолютного алкоголя, б) для зерно-картофельных бражек — 0,74 коп/дал а. а.

Затраты $K^{бр}$ на осуществление процессов в БК и РК зависят прежде всего от $P^{бр}$ ($P^{бр} = P^p + R^p = P^p + R + 1$), числа теоретических тарелок $n^{бр}$ ($n^{бр} = n^p + n^r$), крепости эпорированной бражки X_w^p и концентрации спирта в барде при заданных η тарелок и крепости дистиллята X_d . Снижения $K^{бр}$ можно достичь уменьшением R и X_w^p при максимально возможном $n^{бр}$, определяемом установившейся высотой современных аппаратных отделений спиртовых заводов. Оптимальная величина X_w^p была установлена [1] равной 0,0016 об. % (0,0005 мол. %). Минимальная величина R , позволяющая получить дистиллят крепостью 96,2 об. % (при содержании этанола в жидкости, питающей БК, $X_f^p = X_w^p = 15 - 30$ об. % и $X_w^p = 0,0016$ об. %), равна 3 (рис. 2а—низ). При этом $n^{бр} = 55$, что соответствует числу реальных тарелок

$N^{бр} = 55 : 0,45 = 122$. Затраты $K^{бр} = 5,8$ коп/дал а. а. (для $R^{бр} = 6$ моль/моль дистиллята). Такое число тарелок чрезмерно велико. Уменьшение $n^{бр}$ от 55 до 38 ведет к увеличению $K^{бр}$ всего лишь в пределах 0,4 коп/дал а. а. Это дает основание принять $n^{бр} = 38$ ($N^{бр} = 84$), при этом $R = 4$.

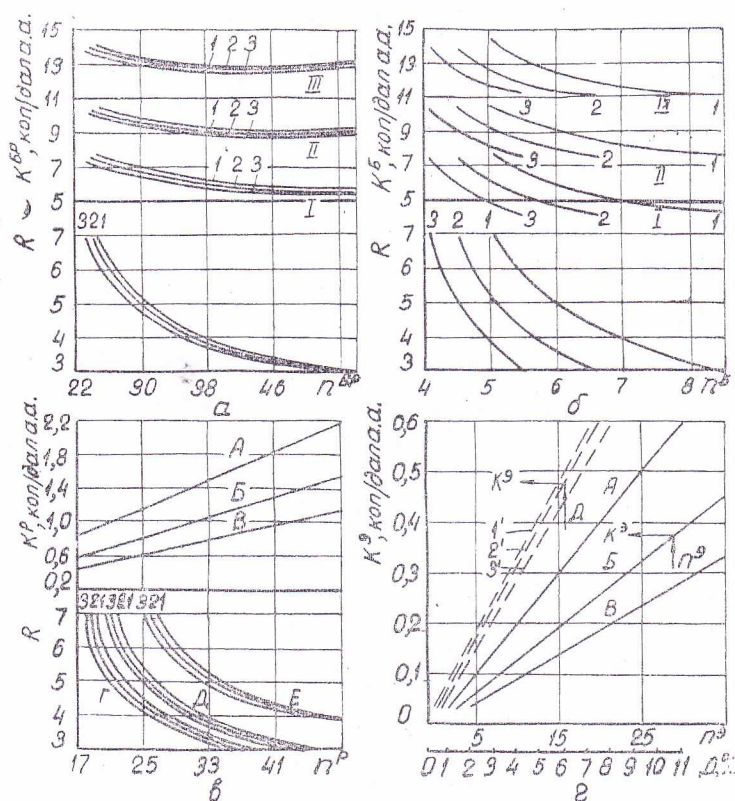


Рис. 2. Статические характеристики и затраты на процесс в колоннах: а) бражной и ректификационной ($X_{\partial} = 96,2$ об. %, $X_w^{\partial} = 0,0016$ об. %, $\eta = 0,45$); б) бражной ($X_{\partial} = 96,2$ об. %, $X_w^{\partial} = 0,0016$ об. %, $\eta = 0,45$); в) ректификационной; г) элюционной. X_f^{∂} , об. %: 1—15, 2—20, 3—30; $R^{бр}$, моль/моль дистиллята: I—6, II—10, III—14; X_f^r , об. %: 1'—5,0; 2'—7,5; 3'—10,0; X_{∂} , об. %: Г—96,0; Д—96,2; Е—96,5; η : А—0,3; Б—0,45; В—0,6.

Если $P_{min}^{бр} = 3,5 + 4 + 1 = 8,5$ моль/моль дистиллята (меласные бражки) и $P_{min}^{бр} = 10 + 4 + 1 = 15$ моль/моль дистиллята (зерно-картофельные бражки), то соответственно $K_{min}^{бр}$ равно 7,6 и 13,7 коп/дал а. а. (рис. 2а — верх). Важно отметить, что при проектировании БРА целесообразно стремиться к меньшим значениям R за счет выбора допустимо большого $n^{бр}$.

Распределение $n^{р}$ между БК и РК производится с помощью рис. 2б — низ. Если в нашем примере $X_f^{\partial} = X_w^{\partial} = 4,3$ мол. % (13 об. %), $R = 4$, $X_{\partial} = 96,2$ об. % то $n^{\partial} = 7,3$, $n^r = n^{бр} - n^{\partial} = 38 - 7,3 = 30,7$. Зная $P_{min}^{бр} = 8,5$ моль/моль дистиллята, определяем (рис. 2б — верх) затраты на перегонку [1]: $K_{min}^{\partial} = 5,5$ коп/дал а. а. Разность ($K_{min}^{бр} - K_{min}^{\partial}$) — это минимальные затраты на ректификацию (рис. 2в — верх).

Таким образом, задавшись исходными значениями величин X_f^{∂} , α , D , X_w^{∂} , X_{∂} и η и используя ранее полученные зависимости [1], можно по приведенной методике определить оптимальные режимы работы и оптимальное число тарелок проектируемого БРА системы КТИПП. При этом будут обеспечены минимальные затраты на процесс.

Статические зависимости используются, кроме того, для выбора экономически выгодного режима работы и определения затрат на процесс реального БРА с известными значениями N^a , N^b , N^p . По заданным X_f^b , X_d , X_w^b и η по характеристике РК (рис. 2в — низ) определяют R [1]. По рис. 3 находят фактическую величину P_{min}^a , моль/моль питания. Уточняют возможность извлечения определяющей примеси (рис. 1а, б) для данной α , а также величину D (рис. 1в).

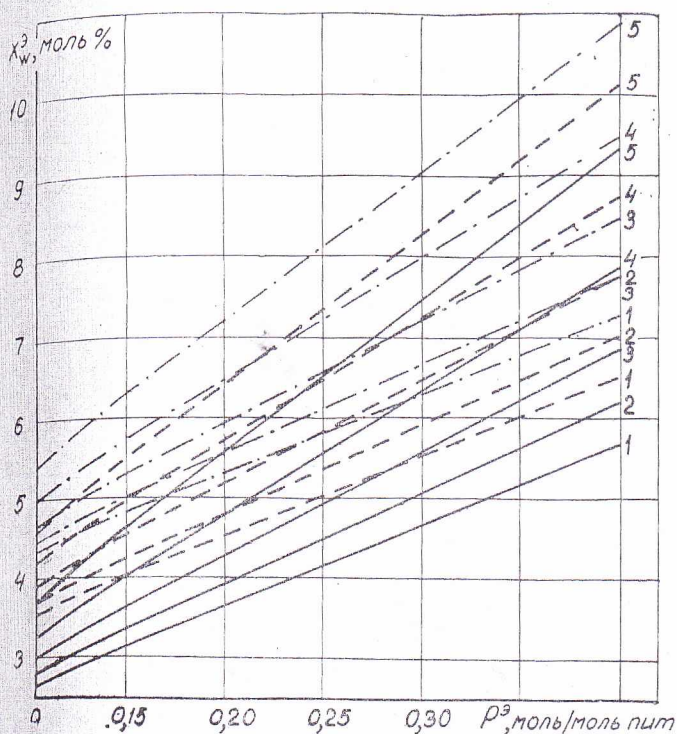


Рис. 3. Концентрация этанола в эспириванной бражке. X_f^a , об. %: — 5,0; — — — 7,5; 10,0; R : 1—7; 2—6; 3—5; 4—4; 5—3.

Если найдена величина P_{min}^a при данном n_n^a не обеспечит извлечения определяющей примеси, тогда выбирают несколько большее значение P_{min}^a , которое обеспечит процесс в ЭК, и уточняют значения $X_f^b = X_w^a$ (рис. 3). Зная P_{min}^a и R , находят $P_{min}^{bp} = P_{min}^a + R + 1$ моль/моль дистиллята. Затраты на процесс определяются так же, как и в рассмотренном примере.

Статические и экономические характеристики БРА могут быть использованы также для определения экономической эффективности работающего аппарата. Для этого замеряют значения X_w^b , X_w^a , X_d и D , определяют η тарелок работающих колонн и величины n_n^a , n_n^b , n^a , n^b , R и по имеющимся

графическим зависимостям находят величину суммарных затрат на процесс — K_{Σ} . Затем определяется возможная минимальная величина суммарных затрат на процесс — ΣK_{min} . Сравнение значений этих величин позволяет сделать вывод о целесообразности перевода режима работы аппарата на оптимальный.

ВЫВОДЫ

На основе полученных ранее [1] статических и экономических характеристик процессов в колоннах брагоректификационного аппарата системы КТИПП разработаны методы определения:

- оптимальных режимов работы и числа тарелок колонн аппарата при его проектировании;
- экономически наиболее выгодного режима работы колонн реального аппарата;
- затрат на процесс брагоректификации на работающем аппарате с целью выяснения необходимости вывода его на оптимальный режим.

ЛИТЕРАТУРА

- Николаев А. П., Цыганков П. С., Бодров В. С. Изв. вузов СССР, Пищевая технология, № 4, 85; № 6, 114, 1971.