

Статья печатается на общественных началах

УДК 663.551.3

## Модернизация ситчатых тарелок в брагоректификационных установках

В. Н. Геращенко А. В. Копыленко, В. М. Таран, В. А. Анистратенко  
КТИПП

В настоящее время бражные колонны брагоректификационных установок в основном оснащены тарелками двойного кипячения и ситчатыми. Типовые ситчатые тарелки работают удовлетворительно при сравнительно низких скоростях пара, что не дает возможности интенсифицировать процесс брагоректификации. Кроме того, наличие на ситчатых тарелках застойных зон, провала и продольного перемешивания снижает их эффективность.

В КТИППе разработана и исследована конструкция массообменной тарелки [1, 4, 3] с двумя зонами контакта фаз, полученная в результате модернизации типовой ситчатой тарелки. Схема нового контактного устройства представлена на рис. 1.

На ситчатой тарелке 1 установлены уголки 2, в их вертикальных стенках предусмотрены пазы, в которые вставляются изогнутые под тупым углом пластины 3. Эти пластины имеют наклон в сторону сливного стакана и приподняты над тарелкой на высоту 25—30 мм.

Работает тарелка следующим образом. Жидкость через сливной стакан 4, переливную планку 5 поступает на тарелку. При этом часть жидкости под действием собственного веса проваливается между пластинами 3 и

распределяется по ситчатому основанию 1, образуя нижнюю зону контакта. Вторая часть жидкости в виде мелких капель, брызг, струй подхватывается газом, прошедшим сквозь отверстия в ситчатом основании 1 и щели, образованные пластинами 3, и в виде мелкодисперсной фазы перемещается над пластинами к сливу.

Установлено, что в нижней зоне количество жидкости не превышает 25—30% всей жидкостной нагрузки. Кроме того, в нижней зоне наблюдается режим контакта фаз, характерный для типовых барботажных тарелок, а в верхней зоне — режим, близкий к прямотоку.

Исследовали тарелки размером  $1000 \times 150$  мм на системе воздух — вода. Для сравнения исследовали ситчатую тарелку.

Тарелка с двумя зонами контакта устойчиво работает в диапазоне нагрузок по газу 0,6—2,4 м/с, по жидкости — 0,0028—0,0083 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с). Наблюдали три основных гидродинамических режима работы: барботажный при скорости пара в сечении колонн  $v=0,6 \div 0,8$  м/с, переходный —  $v=0,8 \div 1,4$  м/с, струйный — при  $v > 1,4$  м/с.

Новые тарелки обладают меньшим гидравлическим сопротивлением, что объясняется отсутствием сплошного слоя жидкости, характерного для ситчатых тарелок, высокой степенью диспергирования жидкости, прямоточным режимом движения фаз, обусловившим уменьшение запаса жидкости на тарелке. В результате обработки опытных данных получена зависимость для расчета гидравлического сопротивления тарелок с двумя зонами контакта.

$$\Delta P = \Delta P_c - 5,1 \cdot 10^3 L^{0,2} t^{-0,2} - 23 v^3, \quad (1)$$

где  $\Delta P_c$  — сопротивление сухой тарелки, Н/м<sup>2</sup>;

$L$  — плотность орошения, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с);

$t$  — шаг наклонных пластин, м;

$v$  — скорость пара в сечении колонны, м/с.

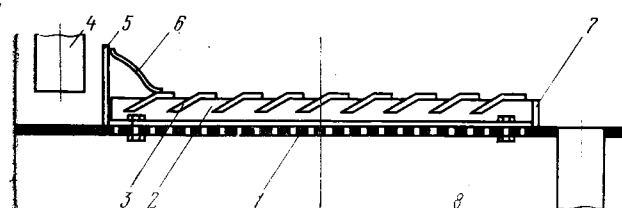


Рис. 1. Схема массообменной тарелки с двумя зонами контакта фаз.

1 — ситчатое основание тарелки; 2 — несущие уголки; 3 — отклоняющие пластины; 4 — сливной стакан; 5 — переливная перегородка; 6 — разгонная площадка; 7 — сливная планка; 8 — крепежный болт.

Для перехода от лабораторной модели к промышленному образцу было осуществлено математическое описание тарелки с двумя зонами контакта фаз.

Как было установлено раньше [4], на тарелке существует две зоны контакта с различной степенью перемешивания двухфазного потока. Поэтому математическую модель тарелки составляли на основе информации о структуре двухфазного потока в каждой из зон контакта, характеризующейся степенью перемешивания частиц потока. Степень перемешивания газожидкостного слоя оценивали по дисперсии  $\sigma_0^2$  среднего времени пребывания жидкости в зоне контакта. Дисперсию определяли методом трассирования потока с последующим анализом кривых отклика системы на ступенчатое возмущение.

В результате установлено, что в верхней зоне контакта характер движения газожидкостного слоя приближается к поршневому, в нижней зоне наблюдается режим, близкий к режиму идеального перемешивания. Поэтому для математического описания была выбрана комбинированная гидродинамическая модель, состоящая из параллельных зон идеального вытеснения 2 и идеального перемешивания 1, изображенная на рис. 2.

Согласно этой модели общий поток жидкости в точке А разделяется на две части, одна из которых попадает в зону идеального вытеснения 2 и в точке В соединяется с другой частью, прошедшей зону идеального перемешивания 1.

Составим уравнение, характеризующее изменение концентрации трассера в двухфазном потоке, исходя из баланса вещества в точке В, где соединяются поток зоны перемешивания  $(1-\beta)L_1C_1$  и поток зоны вытеснения  $\beta L_2C_2$ :

$$C_{\text{вых}}(t) = (1-\beta)C_1(t) + \beta C_2(t) \quad (2)$$

Применяя преобразование Лапласа и используя выражения передаточных функций для участков полного перемешивания и полного вытеснения, запишем передаточную

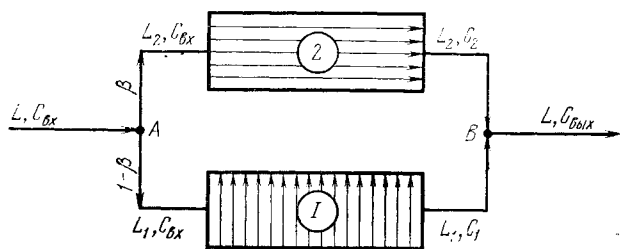


Рис. 2 Гидродинамическая модель тарелки с двумя зонами контакта фаз.

функцию тарелки с двумя зонами контакта в виде отношения

$$W(P) = \frac{C_{\text{вых}}(P)}{C_{\text{вх}}(P)} = (1-\beta) \frac{1}{\tau_1 P + 1} + \beta e^{-\tau_2 P}, \quad (3)$$

где  $P$  — оператор Лапласа;

$\beta$  — доля потока жидкости в зоне;

$C$  — концентрация трассера;

$\tau$  — время пребывания жидкости в зонах, с;

$t$  — координата времени.

Решением зависимости [3] является уравнение  $F$ -кривой отклика системы на ступенчатое возмущение. Воспользовавшись обратным преобразованием по Лапласу и принимая величину возмущения на входе  $C_{\text{вх}}(P) = 1$ , найдем

$$F_{\text{кр}}(t) = (1-\beta) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) + \beta(t - \tau_2). \quad (4)$$

Адекватность математической модели и реальной массообменной тарелки проверяли сравнением расчетной кривой 1 с соответствующей экспериментальной кривой 2, полученной в реальных условиях (рис. 3).

Как видно из рисунка, опытная кривая 2 совпадает с кривой 1, построенной по уравнению (4), следовательно, уравнение (4) может служить математической моделью тарелки с двумя зонами контактных фаз.

Реализация лабораторных исследований и расчетных зависимостей осуществлена путем разработки и внедрения тарелки с двумя зонами контакта для бражной колонны на Барском спиртозаводе.

Бражная колонна диаметром 2000 мм оснащена ситчатыми тарелками свободным сечением 10,9%, которые были использованы как основание тарелок с двумя зонами контакта. Новые тарелки были оборудованы переливной планкой высотой 120 мм, сливной перегородкой высотой 400 мм и разгонной площадкой [5]. Свободное сечение новых тарелок составляет 10%. Модернизация существующих

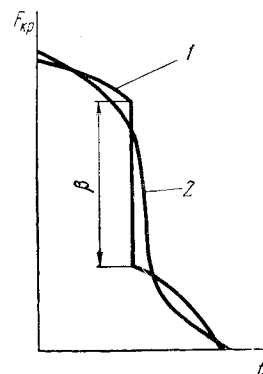


Рис. 3. Кривые отклика системы, полученные расчетным (1) и экспериментальным (2) путем.

ситчатых тарелок не требует демонтажа колонны, установка пластин, уголков производится через смотровые люки колонны.

Особенность работы тарелки с двумя зонами контакта заключается в том, что горизонтальная составляющая скорости пара направлена в сторону движения жидкости и способствует ускорению движения жидкости в направлении к сливу. Это позволило увеличить в 1,2—1,3 раза пропускную способность колонны по жидкости и пару и уменьшить в 1,3—1,6 раза время пребывания жидкости в зоне контакта.

Вследствие сокращения времени пребывания бражки в тарелке уменьшается новообразование примесей, отрицательно влияющих на качество спирта, замедляется процесс превращения кислот и спиртов в эфиры. Сохранение кислот, содержащихся в бражке, повышает питательную ценность барды, используемой для выращивания кормовых дрожжей.

Наличие второй зоны контакта позволило создать более развитую по сравнению с ситчатой тарелкой межфазную поверхность, что обусловило повышение эффективности тарелки (рис. 4), при этом расход топлива на выработку 1 дал спирта уменьшился на 0,7 кг.

В результате внедрения тарелки с двумя зонами контакта производительность аппарата увеличилась на 18—20%, снизился удельный расход пара на выработку 1 дал спирта, улучшилось качество спирта.

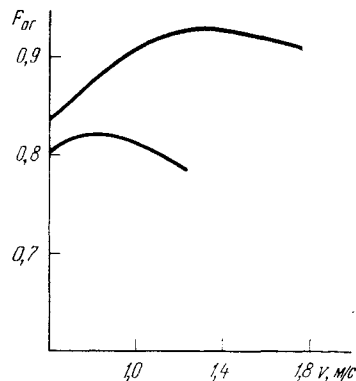


Рис. 4. Эффективность тарелок ситчатых (1) и с двумя зонами контакта фаз (2).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анистратенко В. А., Геращенко В. Н., Таран В. М., Меняйло П. И. Модернизация ситчатых тарелок.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1978, № 2.
2. Бондарь А. Г. Математическое моделирование в химической технологии.— Киев: Вища школа, 1973.
3. Геращенко В. Н., Меняйло П. И., Цешенко В. Е., Таран В. М., Анистратенко В. А. Бражная колонна с модернизированными ситчатыми тарелками.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1978, № 7.
4. Геращенко В. Н., Таран В. М., Анистратенко В. А. Массообменная тарелка с двумя зонами контакта фаз.— Киев, Пищевая промышленность, 1979, № 2.
5. Геращенко В. Н., Анистратенко В. А., Таран В. М. Выбор конструкции переливной планки однонаправленной тарелки.— Киев: Вища школа. Реф. информация. Пищевая промышленность, 1978, вып. 14.