

В.Г. Кацашвили, Г.И. Зорина, А.И. Ершов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТУПЕНИ КОНТАКТА

Массообмен на элементах прямооточных ступенях контакта изучен недостаточно. Предложенные математические описания [1--3] или не связаны с экспериментальным материалом, или не отражают всей сложности гидродинамической обстановки на ступени.

На реальной элементарной тарелке наблюдается не только циркуляция жидкости в элементах, но очевидна возможность байпаса жидкости без контакта с газом, особенно при высоком слое жидкости, который в некоторых конструкциях элементных тарелок поддерживается с целью создания гидрозатвора в контактных элементах.

С учетом таких особенностей работа элементной прямооточной тарелки может быть описана комбинированной гидродинамической моделью, представляющей собой n последовательно соединенных ячеек с параметрами φ_1 и φ_2 , характеризующими соответственно долю рециркулирующей и байпасирующей жидкости. Каждый из параметров одинаков для любой из ячеек.

Выражение для эффективности тарелки по принятой модели получаем по методу модели функции распределения [4]. Передаточная функция системы имеет вид

$$W(p) = \left[\frac{(1-\varphi_2)W_1(p)}{1-\varphi_2+\varphi_1[1-W_1(p)]} + \varphi_2 \right]^n \quad (1)$$

соответственно, эффективность по жидкой фазе

$$E_{mL} = \left[\left(1 - \frac{(1-\varphi_2)^2 (\lambda E + 1)^{-1}}{1-\varphi_2+\varphi_1[1-(\lambda E + 1)^{-1}]} + \varphi_2 \right)^n - \frac{1}{\lambda} \right]^{-1} \quad (2)$$

где

$$\lambda = m \frac{G}{(1+\varphi_1-\varphi_2)L};$$

m — константа равновесия; L, G — потоки жидкости и пара; E — эффективность отдельной ячейки по газу.

При $\varphi_2 = 0$ уравнение (2) отражает только наличие рециркуляции жидкости; $\varphi_1 = 0$ только "малый проскок" жидкости [5] и, наконец, при $\varphi_1 = 0$ и $\varphi_2 = 0$ уравнение (2) становится аналогичным уравнению эффективности по секционной модели.

Для проверки применимости предложенной модели к реальному процессу проведено экспериментальное исследование эффективности контактной тарелки.

По ходу жидкости расположены 4 контактных элемента диаметром 20 мм. В нижней части элементов под полотном тарелки смонтированы тангенциальные закручиватели. Жидкость вводилась в элемент непосредственно над полотном. В верхней части элемента установлен сепаратор. Для измерения количества жидкости, протекающей через элемент, на последнем по ходу жидкости элементе устанавливалась специальная ловушка, из которой в опытах по определению эффективности производится также и отбор пробы жидкости, покидающей элемент. Кроме того, отбирались проба жидкости, входящей в последний элемент, и пробы с начала и конца тарелки. Исследование эффективности проводилось при десорбции углекислого газа из водного раствора воздухом. Воздух предварительно контактировал с водой на ситчатой тарелке диаметром 270 мм, на которой происходило насыщение и охлаждение воздуха до температуры, отличающейся от температуры воды, поступающей на элементную ступень, на $0,2 \div 0,4^\circ\text{C}$.

Исследование проводили в диапазоне нагрузок по жидкости от 143,7 до 440,0 л/час и скоростях газа от 18,0 до 27,5 м/сек в сечении элемента. В указанном диапазоне проведен полный факторный эксперимент 5×5 .

По данным экспериментов рассчитывались эффективность тарелки и отдельно элемента по Мерффи.

Параметры φ_1 и φ_2 определяли из материальных балансов расхода вещества по тарелке и в отдельном элементе:

$$\varphi_2 = 1 + \left[\frac{L(x_k - x_{кэ})}{l(x_{нэ} - x_{кэ})} + 1 \right]^{-1} \quad (3)$$

и

$$\varphi_1 = \frac{L}{l} - \varphi_2 + 1, \quad (4)$$

где $x_{нэ}$, $x_{кэ}$ — начальная и конечная концентрации для элемента;

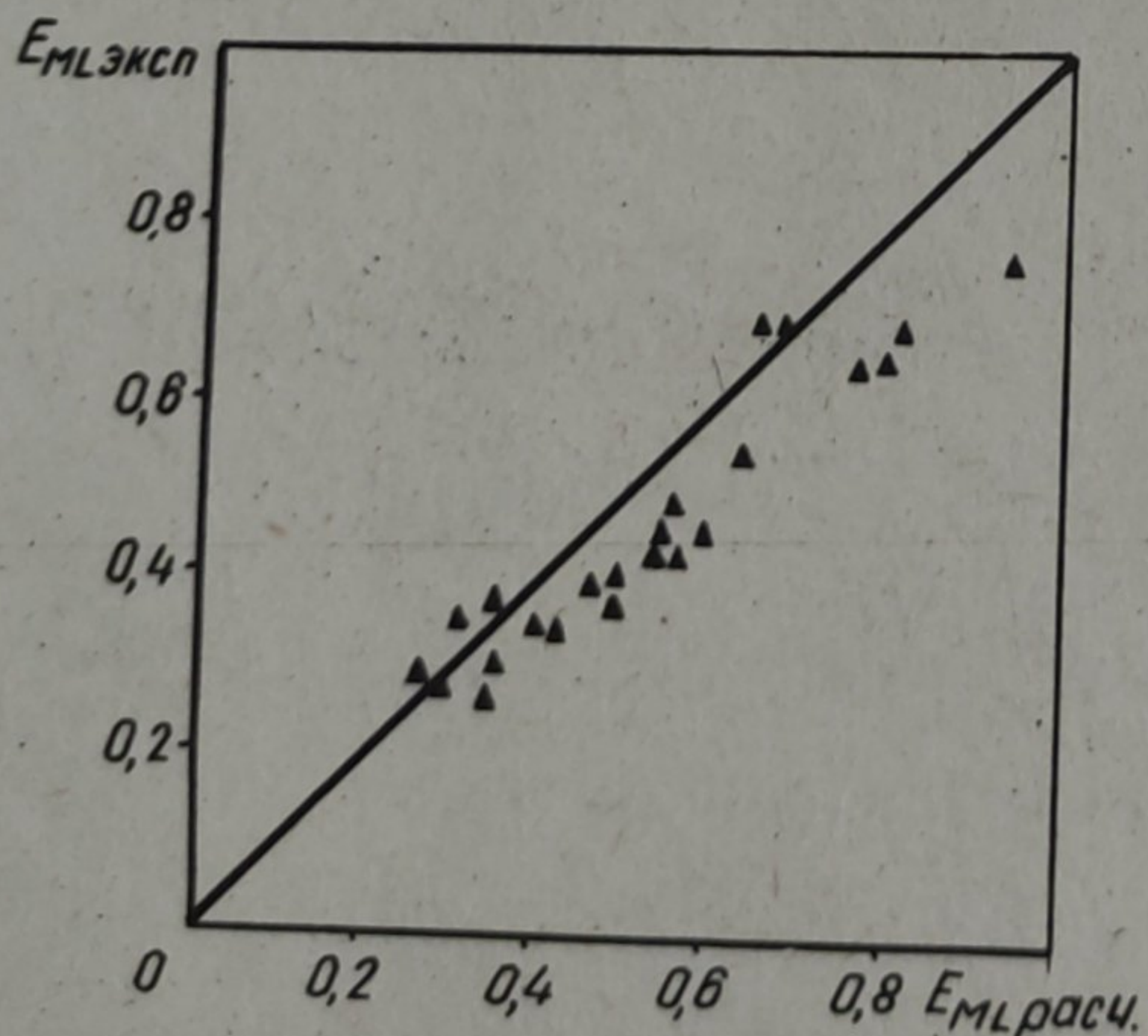


Рис. 1. Сравнение расчетных и экспериментальных значений эффективности тарелки

x_k — конечная концентрация жидкости на тарелке; L, l — поток жидкости по тарелке и через элемент. Значение E находили по формуле связи [6] эффективности по жидкости и газу

$$E = \frac{E_{\text{э}}}{E_{\text{э}} + \lambda(1 - E_{\text{э}})}, \quad (5)$$

где $E_{\text{э}}$ — эффективность отдельной ячейки по жидкости.

Сравнение рассчитанных по уравнению (2) и экспериментальных значений эффективности представлено на рис. 1. Среднее отклонение составляет 14%, что свидетельствует о применимости модели для описания эффективности ступени контакта.

Значение для φ_1 — доли рециркулирующей жидкости — оказалось весьма малым ($0,02 \div 0,002$), что указывает и на весьма малую степень циркуляции жидкости на тарелке в исследованном конструктивном варианте. Существенное влияние на эффективность контакта оказывает величина φ_2 (рис. 2), характеризующая долю байпаси-

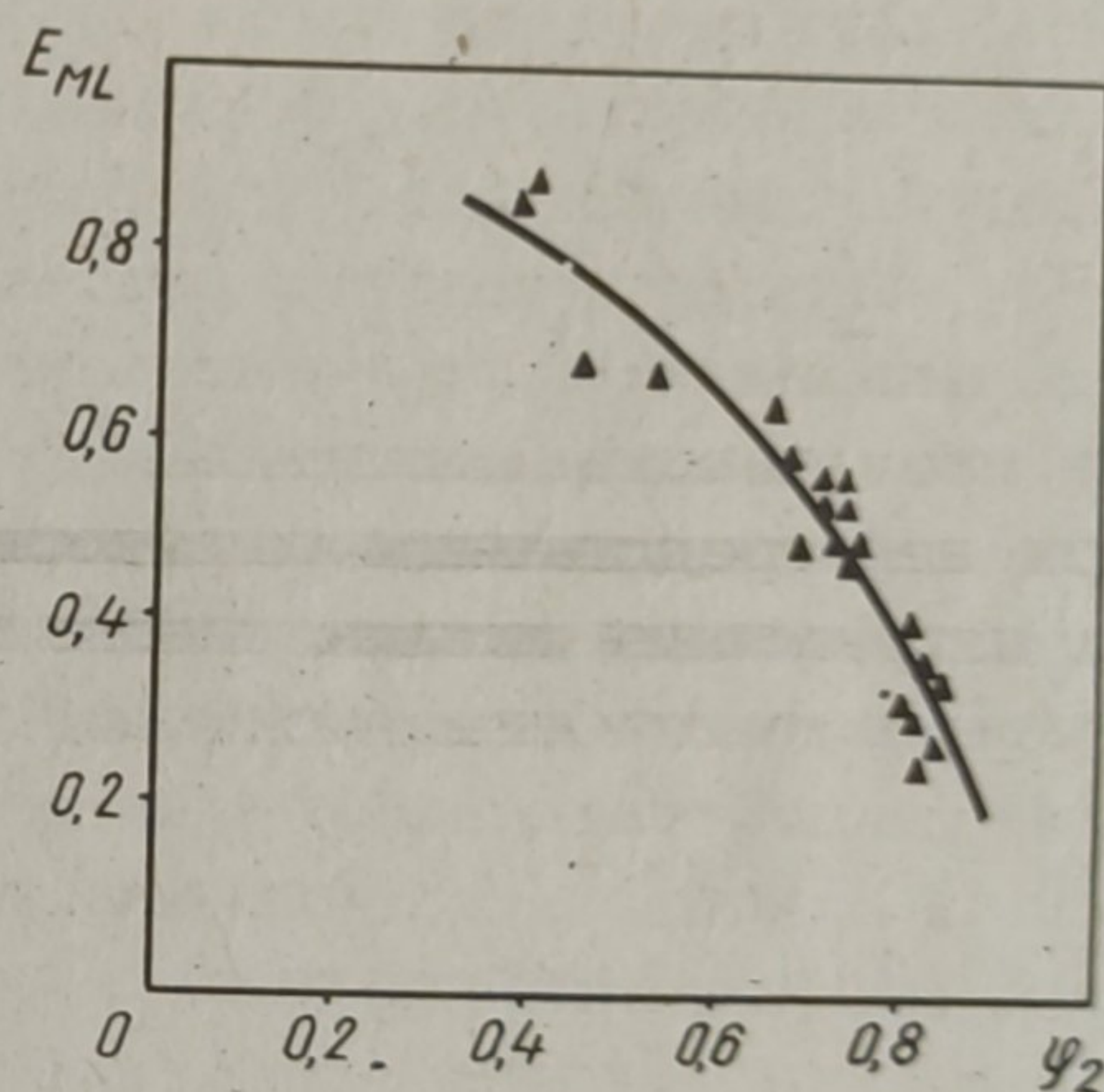


Рис. 2. Зависимость эффективности тарелки от доли байпасирующей жидкости

рующей жидкости, причем влияние изменения режимных параметров сказывается на изменении эффективности даже в меньшей степени.

В заключение следует отметить, что разработанная модель может применяться не только для описанных тарелок, но также для контактных ступеней других конструкций.

Литература

1. Н.А. Малафеев, В.А. Малюсов. Теор. основы хим. технол., т. 5, 1, 131 (1971).
2. Н.А. Малафеев, В.А. Малюсов. Теор. основы хим. технол., т. 2, 2, 192 (1968).
3. Н.А. Николаев, В.А. Булкин. Изв. вузов СССР. Химия и хим. технол., т. 14, 9, 1422 (1971).
4. И.А. Александров. Химия и технол. топлив и масел, 4, 38 (1969).
5. Ю.Н. Лебедев, И.А. Александров, Д.Д. Зыков. Теор. основы хим. технолог., 2, 3, 183 (1968).
6. Bubble Tray Design Manual A.I. Сь.Е., N.-Y., 1958.