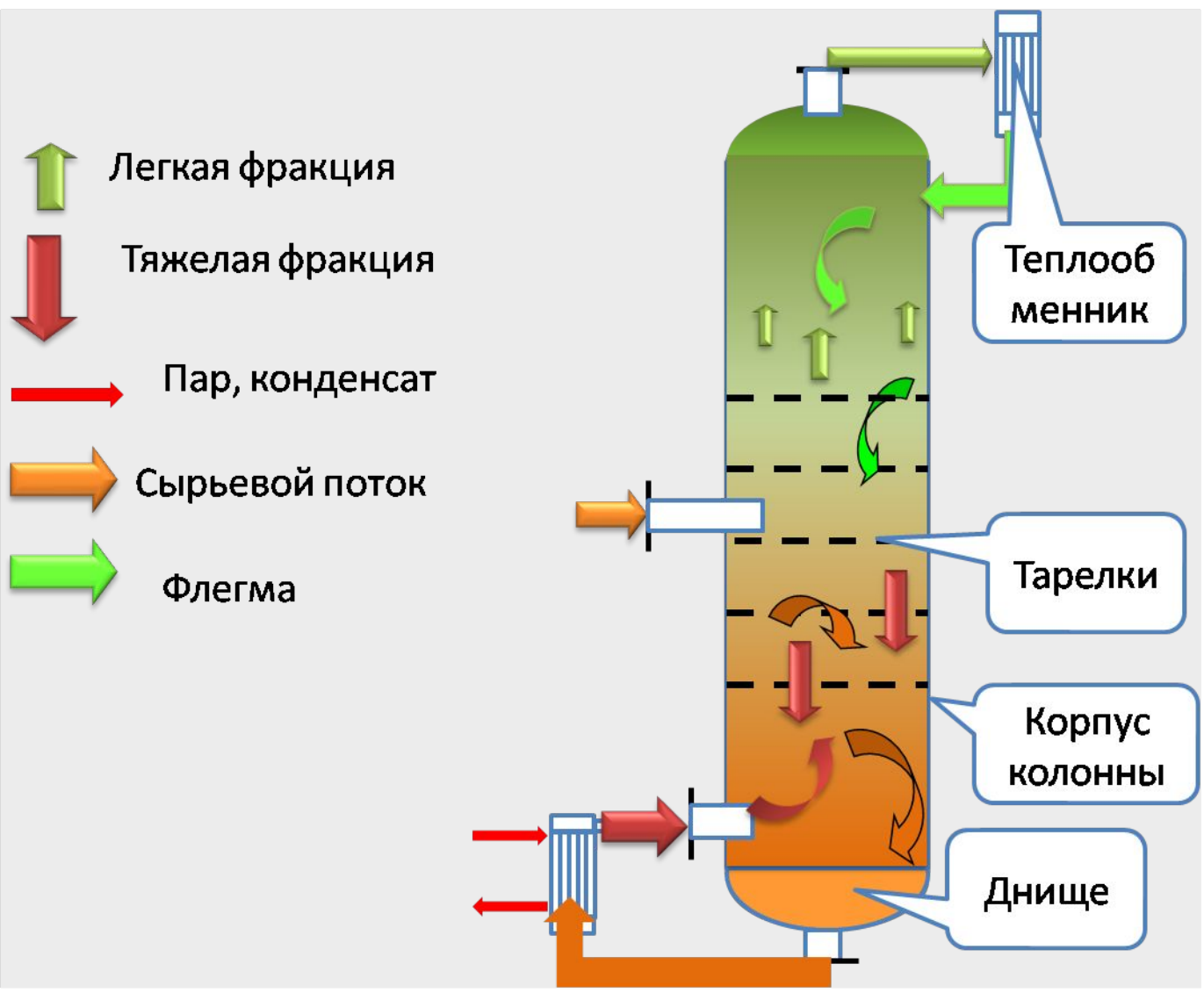


# ПЕРЕГОНКА (РЕКТИФИКАЦИЯ)



# ВВЕДЕНИЕ

- Ректификация - массообменный процесс, который осуществляется в противоточных колонных аппаратах с контактными элементами (насадки, тарелки). В процессе ректификации происходит непрерывный обмен между жидкой и паровой фазой. Жидкая фаза обогащается более высококипящим компонентом, а паровая фаза - более низкокипящим. Процесс массообмена происходит по всей высоте колонны между стекающей вниз флегмой и поднимающимся вверх паром. Что интенсифицировать процесс массообмена применяют контактные элементы, что позволяет увеличить поверхность массообмена. В случае применения насадки жидкость стекает тонкой пленкой по ее поверхности, в случае применения тарелок пар проходит через слой жидкости на поверхности тарелок. В данной работе приведен расчет тарельчатой ректификационной колонны для разделения бинарной смеси бензол - толуол.



# КОЛОННА РЕКТИФИКАЦИИ

# ПЕРЕГОНКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ



# ПЕРЕГОНКА ЖИДКОСТИ

- Перегонка жидкостей - процесс, в котором разделяемая жидкая смесь нагревается до кипения, а образующийся пар отбирается и конденсируется. В результате получают жидкость-конденсат, состав которой отличается от состава начальной смеси. Повторяя много раз процессы испарения конденсата и конденсации, можно практически полностью разделить исходную смесь на чистые составные части (компоненты).
- Процесс перегонки основан на том, что жидкости, составляющие смесь, обладают различным давлением (упругостью) пара при одной и той же температуре. Поэтому состав пара, а следовательно, и состав жидкости, получающейся при конденсации пара, будут несколько отличаться от состава начальной смеси: легколетучего (или низкокипящего - НК) компонента в паре будет содержаться больше, чем в перегоняемой жидкости. Очевидно, что в неиспарившейся жидкости концентрация труднолетучего (или высококипящего - ВК) компонента при этом должна увеличиться.

## 2. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТАРЕЛЬЧАТОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

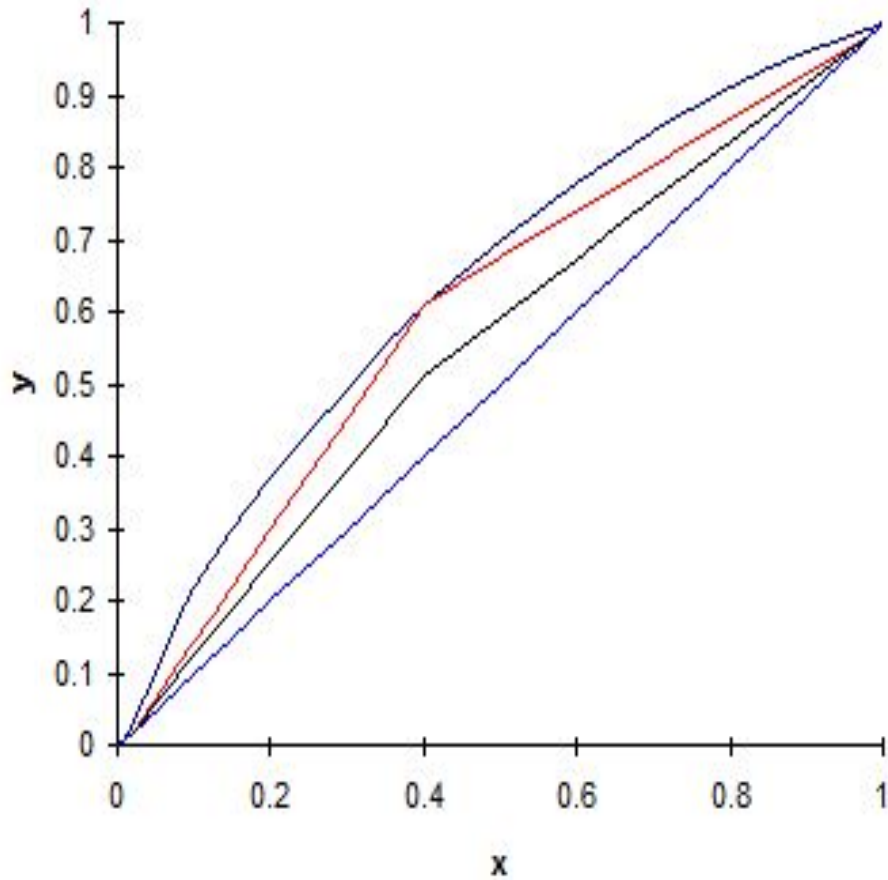
- Как правило, расчет ректификационной колонны производится для заданных: составе исходной смеси, кубового остатка, дистиллята, производительности и рабочем давлении в колонне.
- В начале определяется материальный баланс колонны и рабочее флегмовое число. Для этого используется диаграмма  $y-x$ . Затем подбирается тип тарелок, определяется скорость пара, диаметр колонны, коэффициенты массопередачи, высота колонны, гидравлическое сопротивление тарелок. После этого можно провести расчет эксплуатационных свойств, а также экономические показатели ее использования

# ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ ОБОРУДОВАНИЯ

- 2 Пример расчета ректификационной колонны для перегонки смеси бензол - толуол
- Для примера, рассчитаем колонну при содержании легколетучего компонента (т.е. бензола) в исходной смеси 35%(масс.), в дистилляте 98%, в кубовой жидкости 1,7%. Производительность по исходной смеси 5кг/с.
- 2.1 Материальные расчеты
- 2.1.1 Материальный баланс колонны
- Производительность по дистилляту  $P$  и кубовому остатку  $W$  определяется из уравнения материального баланса ректификационной колонны

$$W = \frac{F(\bar{x}_P - \bar{x}_F)}{\bar{x}_P - \bar{x}_W} = \frac{5(0,98 - 0,35)}{0,98 - 0,017}$$

## 2.1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕГО ФЛЕГМОВОГО ЧИСЛА



Нагрузки ректификационной колонны по пару и жидкости определяются значением рабочего флегмового числа  $R$ . Флегмовое число является отношением количества флегмы к количеству дистиллята. Оно может находиться в интервале от  $R_{\min}$  до  $\infty$ . При минимальном флегмовом числе можно получить максимальное количество дистиллята, но число тарелок становится бесконечно большим. Если флегмовое число принять равным бесконечности, то получится, что колонна работает сама на себя. При флегмовом числе меньше минимального мы ни при каких условиях не сможем получить конечный продукт с заданными свойствами.



- **2.1.3 Построение рабочей линии на диаграмме “жидкость - пар”.**
- Рабочая линия процесса ректификации, в отличие от процесса абсорбции, представляет собой совокупность рабочих линий для верхней и для нижней части колонны и характеризуется изломом в точке соответствующей составу питательной смеси.
- Для верхней части колонны можно воспользоваться уравнением (5), а для нижней части колонны существует уравнение

$$y = -\left(\frac{W}{D}\right)x_W + \left[\frac{(W + D)}{D}\right]x$$

## 2.1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО МАССОВОГО РАСХОДА ПО ЖИДКОСТИ

- Средние массовые расходы по жидкости для верхней и нижней частей колонны определяются из соотношений :

$$L_B = PR \frac{M_B}{M_P}$$

- где  $M_P$  и  $M_F$  - мольные массы дистиллята и исходной смеси,
- $M_B$  и  $M_H$  - мольные массы жидкости в верхней и нижней частях,
- Мольная масса жидкости в верхней и нижней частях колонны соответственно равна :

$$L_H = PR \frac{M_H}{M_P} + F \frac{M_H}{M_F}$$

## 2.1.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО МАССОВОГО РАСХОДА ПО ПАРУ

- Средние массовые потоки пара в верхней и нижней частях колонны соответственно равны :

$$G_B = P(R+1) M'_B / M_P$$

$$G_H = P(R+1) M'_H / M_P$$

- где  $M'_B$  и  $M'_H$  - средние молярные массы паров в верхней и нижней частях колонны:

где средние значения состава паровой фазы рассчитываются аналогично жидкой фазе и равны:

$$M'_B = M_B y_{c.p.B} + M_m (1 - y_{c.p.B})$$

$$M'_H = M_B y_{c.p.H} + M_m (1 - y_{c.p.H})$$

## 2.2 СКОРОСТЬ ПАРА И ДИАМЕТР КОЛОННЫ

- На этой стадии необходимо выбрать тип тарелки. Поскольку предполагается, что жидкость не содержит взвешенных частиц выберем используем ситчатые тарелки.
- Допустимая скорость в верхней и нижней части колонны определяется по формуле:

$$w = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_x}{\rho_y}}$$

\* **2.3 Определение высоты колонны**  
**2.3.1 Определение высоты колонны по числу**  
**теоретических тарелок**

- Количество тарелок в колонне может быть определено либо по числу теоретических тарелок, либо по кинетической кривой.
- Суть этого метода сводится к построению ступеней на диаграмме  $y - x$ . Каждая ступень представляет собой одну тарелку. При построении предполагается, что на каждой тарелке достигается равновесие между жидкой и паровой фазой. Реализацию этого метода можно увидеть на рисунке 3

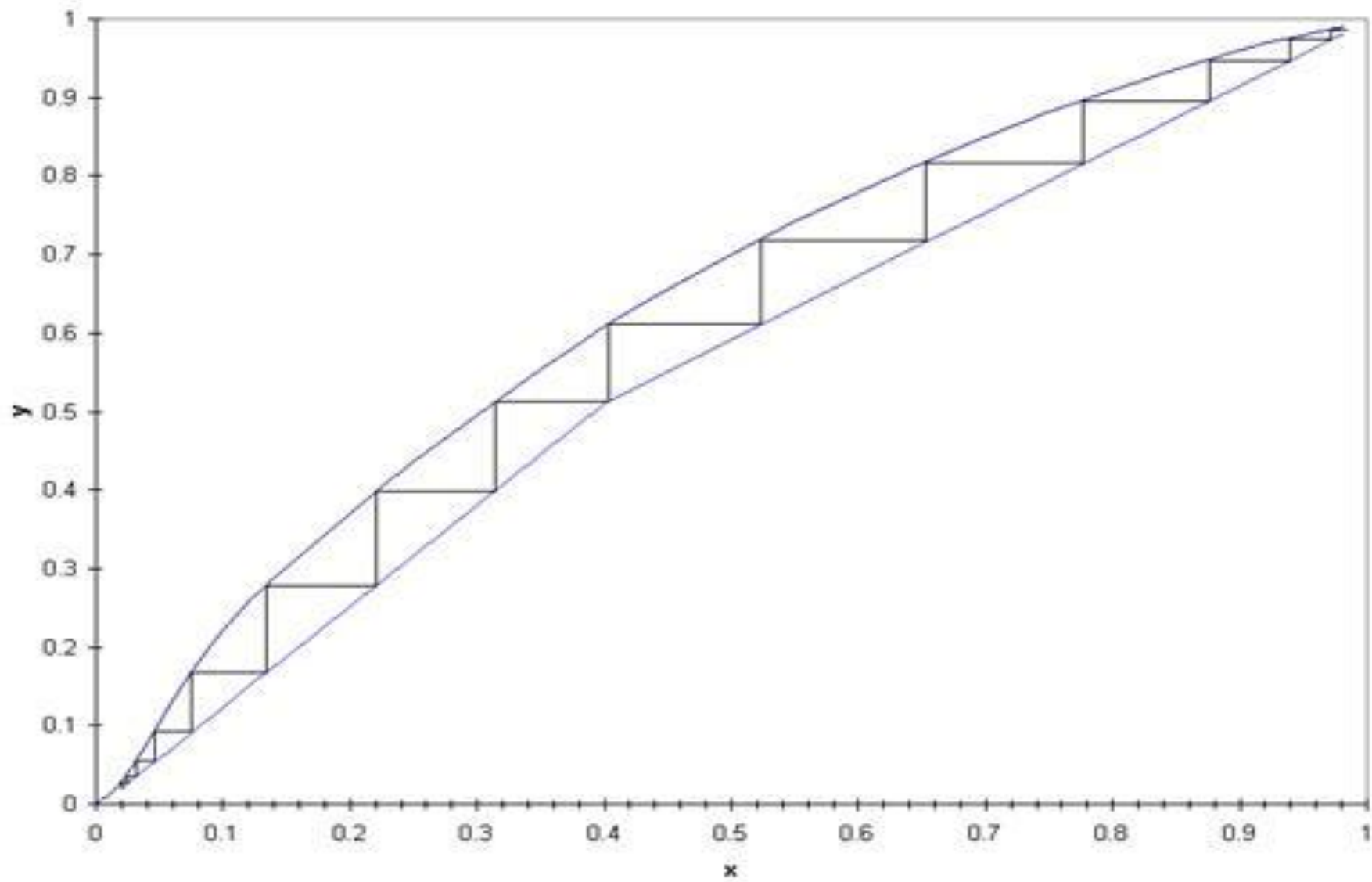


Рис.3

- Определение числа теоретических тарелок
- Как видно число теоретических тарелок в данном случае составляет 8 для нижней части колонны и 7 для верхней, в сумме 15. Для определения действительного числа тарелок это число необходимо поделить на к.п.д. отдельно взятой тарелки. Несмотря на то, что существуют методы оценки к.п.д. тарелок, этот метод не является точным, поскольку для каждой тарелки к.п.д. может отличаться от среднего.
- Высота колонны определяется исходя из числа действительных тарелок и расстояния между тарелками. Обычно расстояние между тарелками стандартизовано и может быть выбрано из каталога.

## 2.3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ КОЛОННЫ ПО КИНЕТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ

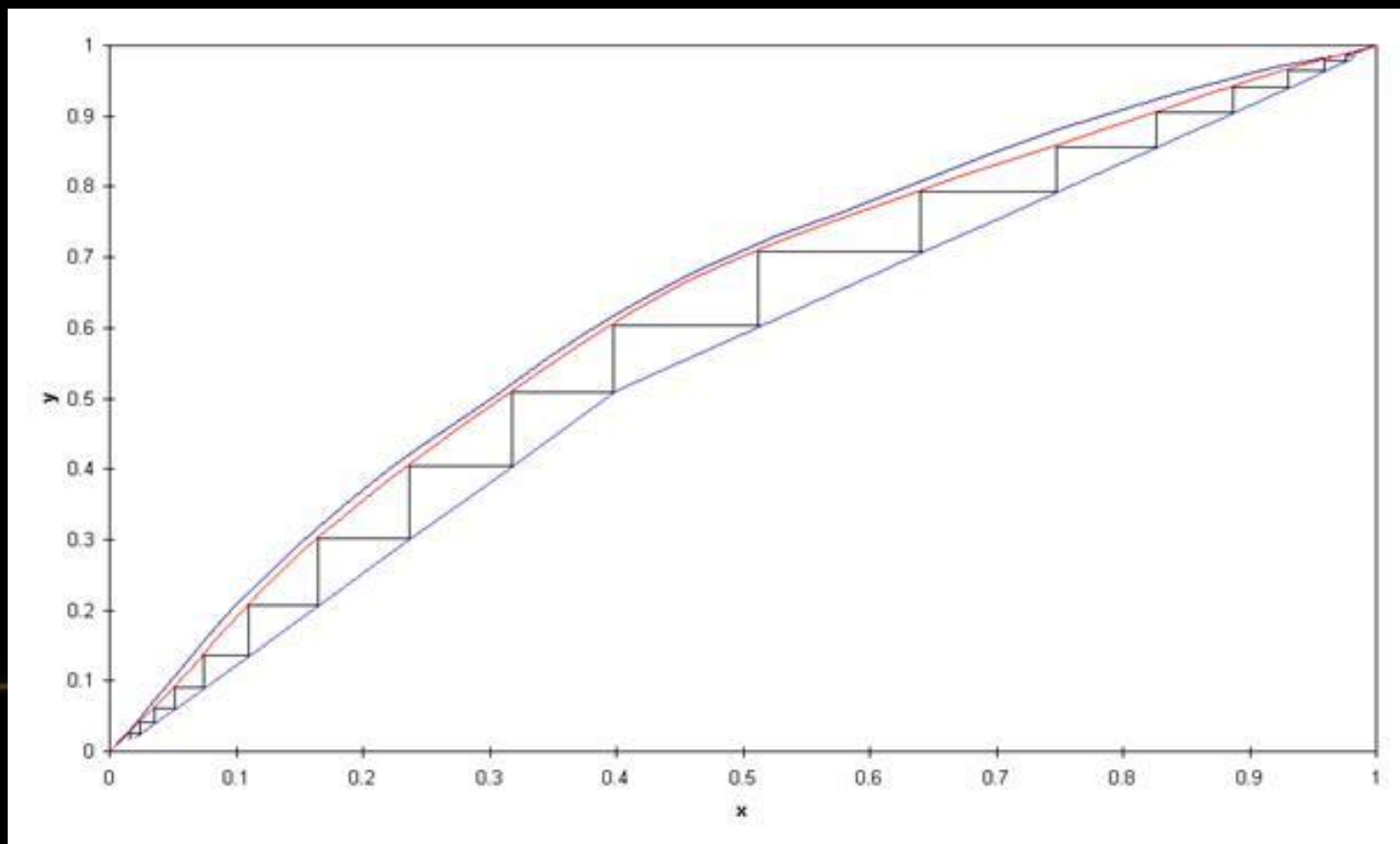
- Данный метод точнее чем предыдущий. Он состоит в определении эффективности тарелок по Мэрфи с учетом продольного перемешивания, межтарельчатого уноса и доли байпасирующей жидкости. Для определения значений эффективности тарелок используются критериальные уравнения, которые здесь не приводятся, вследствие их громоздкости и узкой специализации.
- Зная эффективность по Мэрфи, можно определить концентрацию легколетучего компонента в паре на выходе из тарелки  $y_k$  по соотношению

$$E_{My} = (y_k - y_n) / (y^* - y_n)$$



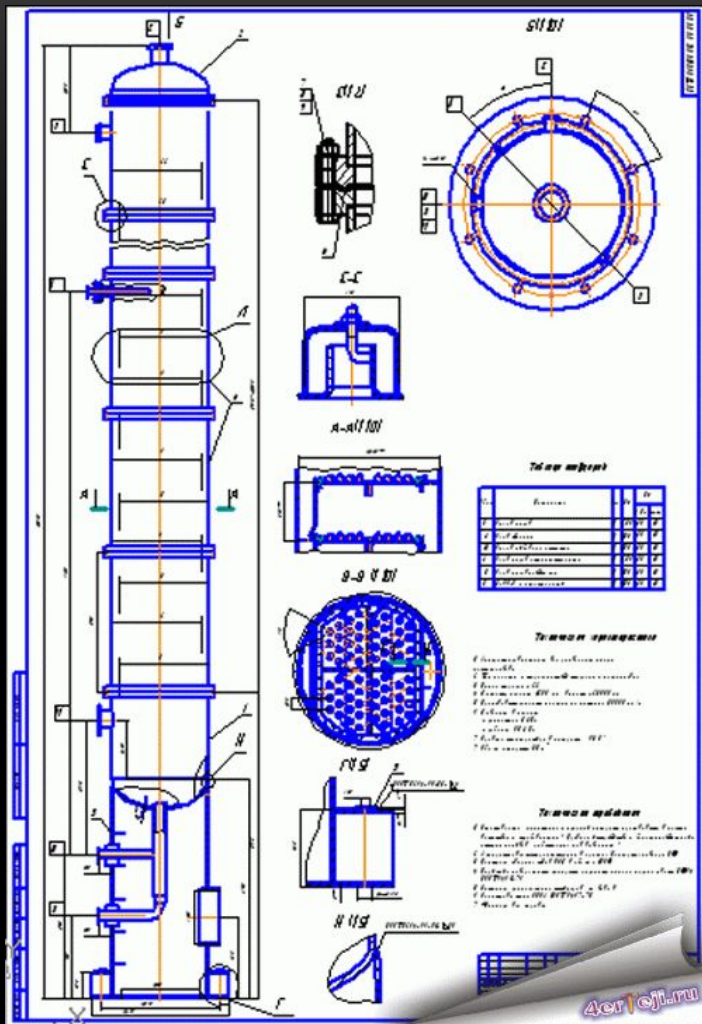


- Исходя из этой формулы на диаграмме  $y$  -  $x$  строится кинетическая кривая, представляющая собой зависимость  $y_k$  от  $x$ , а затем аналогично предыдущему методу графически выстраиваются ступени. Графическую иллюстрацию этого метода можно увидеть на рисунке 4.



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В презентации кратко описан процесс расчета ректификационной колонны для разделения бинарных смесей. Процесс расчета или проектирования на этом не заканчивается. В дальнейшем рассчитывается гидравлическое сопротивление колонны и подбирается вспомогательная аппаратура.
- Однако, стоит отметить, что для массообменного процесса, коим является процесс ректификации, в первую очередь необходимо описать обмен между фазами. Делается это при помощи диаграммы состояния “жидкость-пар”, которой мы пытались уделить повышенное внимание, быть может, в ущерб другим, не менее важным сторонам процесса.



**Таблица шкелет**

Этаж	Колонны	Балки	Средние	Внешние
1	12	12	12	12
2	12	12	12	12
3	12	12	12	12
4	12	12	12	12
5	12	12	12	12
6	12	12	12	12
7	12	12	12	12
8	12	12	12	12
9	12	12	12	12
10	12	12	12	12
11	12	12	12	12
12	12	12	12	12
13	12	12	12	12
14	12	12	12	12
15	12	12	12	12
16	12	12	12	12
17	12	12	12	12
18	12	12	12	12
19	12	12	12	12
20	12	12	12	12
21	12	12	12	12
22	12	12	12	12
23	12	12	12	12
24	12	12	12	12
25	12	12	12	12
26	12	12	12	12
27	12	12	12	12
28	12	12	12	12
29	12	12	12	12
30	12	12	12	12
31	12	12	12	12
32	12	12	12	12
33	12	12	12	12
34	12	12	12	12
35	12	12	12	12
36	12	12	12	12
37	12	12	12	12
38	12	12	12	12
39	12	12	12	12
40	12	12	12	12
41	12	12	12	12
42	12	12	12	12
43	12	12	12	12
44	12	12	12	12
45	12	12	12	12
46	12	12	12	12
47	12	12	12	12
48	12	12	12	12
49	12	12	12	12
50	12	12	12	12
51	12	12	12	12
52	12	12	12	12
53	12	12	12	12
54	12	12	12	12
55	12	12	12	12
56	12	12	12	12
57	12	12	12	12
58	12	12	12	12
59	12	12	12	12
60	12	12	12	12
61	12	12	12	12
62	12	12	12	12
63	12	12	12	12
64	12	12	12	12
65	12	12	12	12
66	12	12	12	12
67	12	12	12	12
68	12	12	12	12
69	12	12	12	12
70	12	12	12	12
71	12	12	12	12
72	12	12	12	12
73	12	12	12	12
74	12	12	12	12
75	12	12	12	12
76	12	12	12	12
77	12	12	12	12
78	12	12	12	12
79	12	12	12	12
80	12	12	12	12
81	12	12	12	12
82	12	12	12	12
83	12	12	12	12
84	12	12	12	12
85	12	12	12	12
86	12	12	12	12
87	12	12	12	12
88	12	12	12	12
89	12	12	12	12
90	12	12	12	12
91	12	12	12	12
92	12	12	12	12
93	12	12	12	12
94	12	12	12	12
95	12	12	12	12
96	12	12	12	12
97	12	12	12	12
98	12	12	12	12
99	12	12	12	12
100	12	12	12	12

**Техническое описание**

1. Система балочная, безкаркасная, с монолитными перекрытиями.  
 2. Система с монолитными колоннами.  
 3. Система с монолитными стенами.  
 4. Система с монолитными перегородками.  
 5. Система с монолитными перегородками.  
 6. Система с монолитными перегородками.  
 7. Система с монолитными перегородками.  
 8. Система с монолитными перегородками.  
 9. Система с монолитными перегородками.  
 10. Система с монолитными перегородками.

**Техническое описание**

1. Система с монолитными колоннами.  
 2. Система с монолитными колоннами.  
 3. Система с монолитными колоннами.  
 4. Система с монолитными колоннами.  
 5. Система с монолитными колоннами.  
 6. Система с монолитными колоннами.  
 7. Система с монолитными колоннами.  
 8. Система с монолитными колоннами.  
 9. Система с монолитными колоннами.  
 10. Система с монолитными колоннами.