

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Установка для разделения смеси этиловый спирт-вода
методом ректификации**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента(ки) 4 курса 431 группы

направления (специальности) 18.03.01 «Химическая технология»

Институт химии

Нечаева Сергея Николаевича

Научный руководитель

профессор, д.т.н.
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Ю.Я. Печенегов
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2016 год

Введение

Ректификация - это процесс разделения бинарных или многокомпонентных смесей за счет противоточного массо- и теплообмена между паром и жидкостью. Процесс проводят в колонных аппаратах, снабженных контактными устройствами (тарелками или насадкой), в которых осуществляется многократный контакт между потоками паровой и жидкой фазой. При контакте с жидкостью, пар обогащается легколетучими (низкокипящими) компонентами — ЛЛК, а жидкость — труднолетучими (высококипящими) компонентами — ТЛК. Жидкость и пар движутся, как правило, противотоком: пар — вверх, жидкость — вниз, поэтому при достаточно большой высоте колонны в ее верхней части можно получить практически чистый целевой компонент.

Актуальность данной работы

Актуальность данной работы заключается в решении создания энерго-сберегающих технологий, увеличение экспорта, ВВП. Это доказывает, что: фармацевтическая, спиртосодержащая, парфюмерная и многие др. промышленности, использующие этиловый спирт в качестве основного сырья, на сегодняшний день являются актуальными.

В ходе технологических процессов спирты образуют смеси с водой, и возникает необходимость их обезвоживания. Обезвоживания спиртов выполняется в ректификационных установках по разделению смеси этиловый спирт – вода.

Цель данной работы

Целью данной квалификационной работы бакалавра является расчет процесса разделения смеси этиловый спирт-вода и выбор в ректификационной колонне оптимального устройства для разделения компонентов бинарной смеси определенного состава.

В работе рассмотрены колонны с колпачковыми и с ситчатыми тарелками и колонна с насадочными кольцами Рашига. На основе сравнительных

расчетов следует определить наиболее эффективную ректификационную колонну для разделения смеси этиловый спирт – вода, и из трех возможных вариантов колонн с колпачковыми и ситчатыми тарелками и насадочной колонной.

Структурное содержание работы

Введение

1 Литературный обзор

1.1 Характеристики и виды ректификационных колонн

1.2 Этанол как химическое вещество

1.3 Способы получения этилового спирта

2 Технологические расчёты процесса разделения смеси

2.1 Материальный баланс процесса

2.2 Расчет числа теоретических тарелок

2.3 Расчет флегмового числа.

3 Расчет ректификационной колонны с колпачковыми тарелками

4 Расчет ректификационной колонны с ситчатыми тарелками

5 Расчет насадочной ректификационной колонны с (кольцами Рашига)

6 Экономические расчеты

Выводы

Список литературы

Приложение А

Приложение Б

Расчетная часть включает:

1. Определение количества дистиллята и кубового остатка;
2. Определение числа тарелок и размеров колонны;
3. Определение расхода пара на подогрев смеси в теплообменнике и на испарение разгоняемой смеси в колонне;

5. Определение расхода охлаждающей воды на дефлегматор и конденсатор;
6. Выполнение гидравлического расчета тракта разгоняемой смеси;
7. В результате расчетов определить основные размеры ректификационной колонны (диаметр, высоту), размеры; число тарелок, колпачков.
8. Определение затрат тепла и расходы охлаждающей воды, а также выполнить технико-экономическое сравнение данной ректификационной установки для двух вариантов насадок.
9. Равновесные молярные доли жидкости ($x, \%$) и пара ($y, \%$) и температуры кипения ($t, ^\circ\text{C}$) двойной смеси этиловый спирт-вода (при 760 мм рт. ст.),

Исходные данные

Исходная смесь для разделения: этиловый спирт-вода

Количество исходной смеси $G_F = 5000$ кг/ч;

Массовое содержание спирта в исходной смеси спирта $a_F = 12\%$;

Массовое содержание спирта в дистилляте $a_D = 96\%$;

Массовое содержание спирта в кубовом остатке $a_W = 0,6\%$;

Температура начальной смеси $t_{см} = 20^\circ\text{C}$;

Температура воды, охлаждающей дефлегматор и конденсатор на выходе

$t'_в = 20^\circ\text{C}$, на входе $t''_в = 65^\circ\text{C}$;

Давление греющего пара $p = 4$ атм;

В конденсаторе происходит конденсация и охлаждение готового продукта

до $t_к = 25^\circ\text{C}$;

Смесь предварительно подогревается в кубовом остатком до 50°C , а затем

водяным паром до температуры кипения раствора в колонне (при 1 атм).

Коэффициенты избытка флегмы β , в колоннах принять равным 2.

Материальный баланс процесса

Уравнение материального баланса для всего количества смеси:

$$G_F = G_D + G_W = 5000 \text{ кг/ч},$$

где G_F - количество исходной смеси, кг/ч; G_D - количество дистиллята, кг/ч;

G_W - количество кубового остатка, кг/ч.

Уравнение материального баланса для низкокипящего компонента:

$$G_{FaF} = G_{DaD} + G_{WaW} \text{ или } 500 \cdot 0,12 = G_D \cdot 0,9 + G_W \cdot 0,006$$

Из решения этих уравнение получается, что:

$$G_D = 525 \text{ кг/ч и } G_W = 4475 \text{ кг/ч}.$$

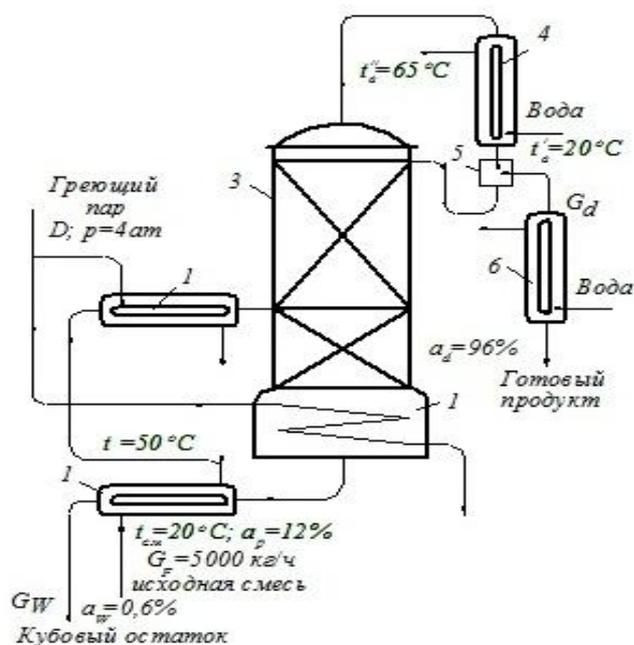


Рисунок 1. Схема установки для непрерывной перегонки смеси этиловый спирт-вода:

1-теплообменник; 2-кубовый подогреватель; 3-ректификационная колонна; 4-дефлегматор; 5-сепаратор; 6- конденсатор.

Расчет числа теоретических тарелок

Расчет произведем графическим способом с построением ступеней изменения концентрации.

Молекулярные массы компонентов- этилового спирта и воды:

$$\mu_c=46; \mu_{H_2O}=18.$$

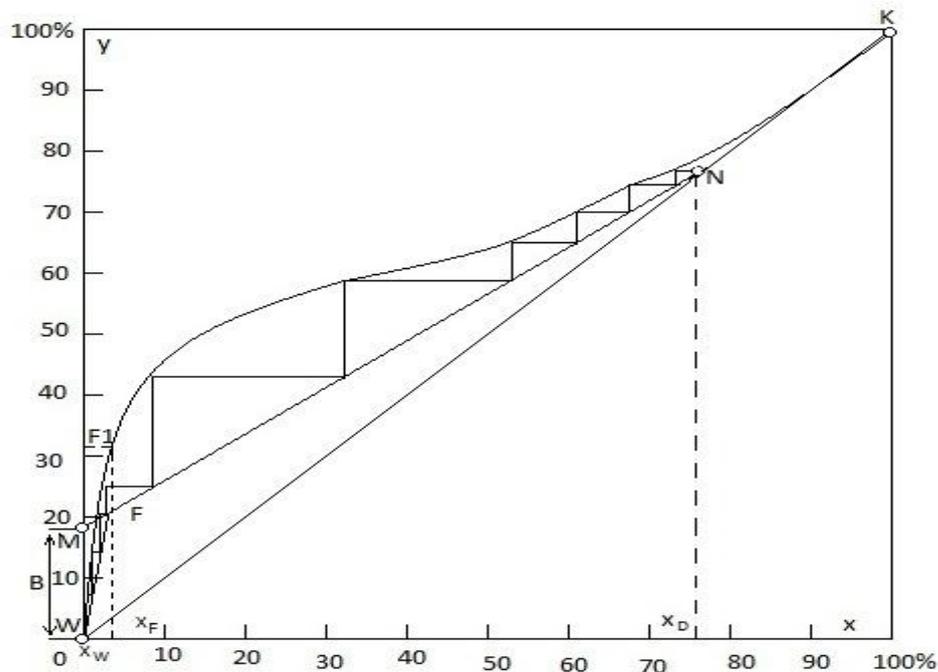


Рисунок 2. Диаграмма равновесия для бинарной смеси этиловый спирт-вода
Молярная доля спирта C_2H_5OH в дистилляте:

$$X_D = \frac{\frac{96}{46} \cdot 100}{\frac{96}{46} + \frac{12}{18}} = 76\%.$$

Молярная доля спирта C_2H_5OH в начале смеси

$$X_F = \frac{\frac{96}{46} \cdot 100}{\frac{96}{46} + \frac{100-96}{18}} = \frac{\frac{12}{46} \cdot 100}{\frac{12}{46} + \frac{100-12}{18}} = 5\%.$$

Молярная доля спирта C_2H_5OH в кубовом остатке:

$$X_W = \frac{\frac{0.6}{46} \cdot 100}{\frac{0.6}{46} + \frac{99.4}{18}} = 0.24\%.$$

По данным (табл. 1)[7] строим кривую равновесия разделяемой смеси на ухдиаграмме (рис.2) проводим диагональ ОК и вертикальные прямые:

Расчет флегмового числа.

Определяем минимальное значение флегмового числа $R_{мин}$:

$$R_{\text{мин}} = \frac{X_D - Y_F}{Y_F - X_F} = \frac{76 - 33}{33 - 5} = 1,54.$$

Принимая согласно заданию коэффициент избытка флегмы β равным 2, находим значения практического флегмового числа:

$$R_{\text{мин}} = \beta R_{\text{мин}} = 2 * 1,54 = 3,08.$$

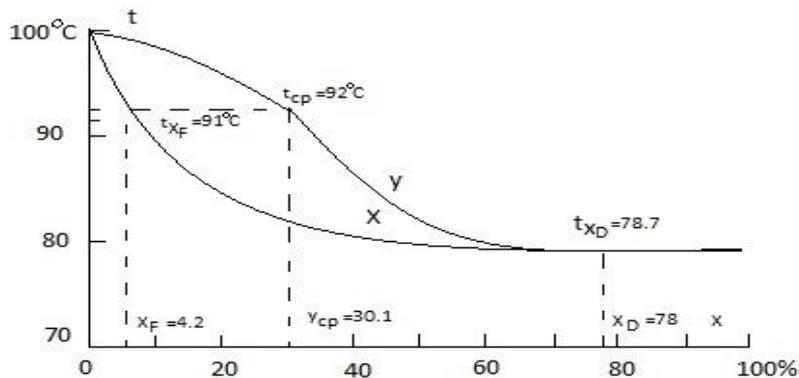


Рисунок 4. Фазовая диаграмма для бинарной смеси этилового спирта – вода.

здесь x и y – текущие значения координат;

Количество исходной смеси на единицу готового продукта.

$$L = \frac{5000}{420} = 12 \text{ кг/ч.}$$

$$y_y = \frac{0,215 + 0,78}{2} = 0,499.$$

Средняя молярная доля пара в нижней части колонны:

$$y_u = \frac{0,0024 + 0,215}{2} = 0,104.$$

Средняя молярная доля пара в колонне:

$$y_{\text{ср}} = \frac{0,498 + 0,104}{2} = 0,301.$$

По (рис. 3) определяем теоретическое число тарелок (ступеней изменения концентраций).

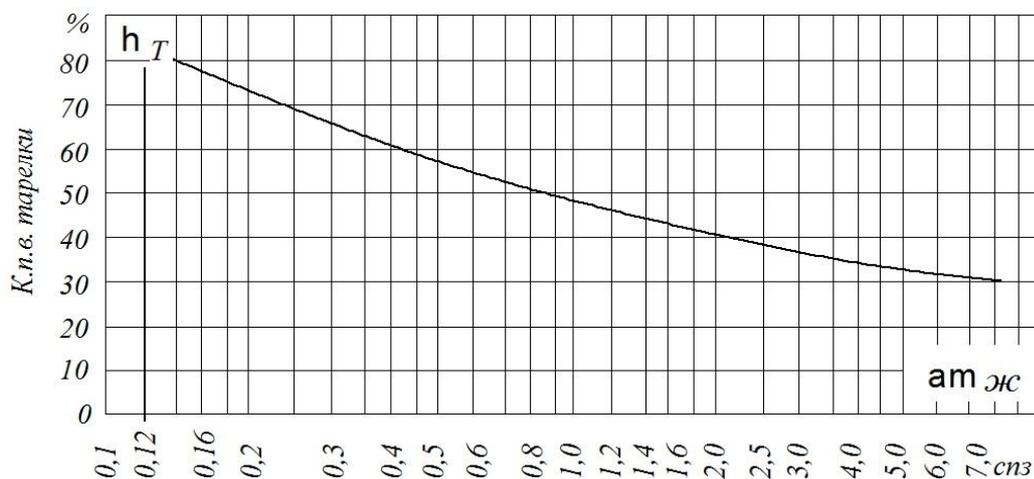


Рисунок 3. График для определения к.п.д. тарелки.

К.п.д. тарелки можно определить по графику, в соответствии с (рисунком 3.) [7, 9], либо, по уравнению $\eta_T = 0,49 (\mu_{жс})^{-0,245}$, описывающему этот график.

Получается, что в исчерпывающей части колонны будет 8 тарелок, в укрепляющей – 12, а всего 20 тарелок. Это количество рабочих тарелок будет одинаковым для всех двух типов колонн [11,12].

Расчет ректификационной колонны с колпачковыми тарелками

По табл. (3.10) [13] расстояние между тарелками H_T для колонных аппаратов с капсульными колпачками принимают 200 – 350 мм и более. Задаем $H_T = 300$ мм.

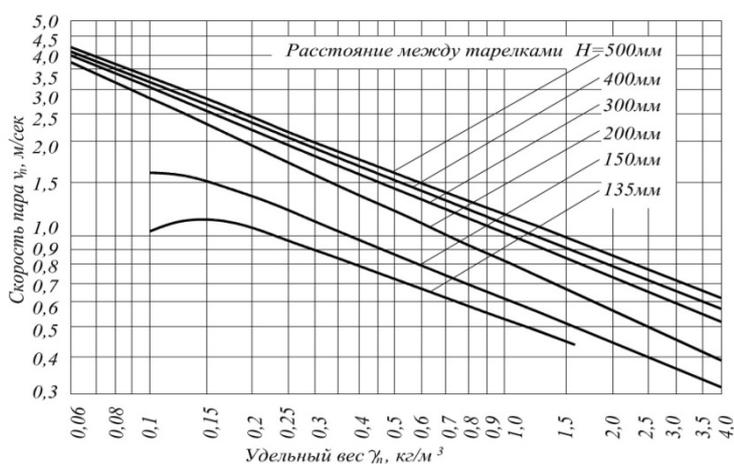


Рисунок 5. График для определения допустимой скорости пара.

Сечение колонны:

$$S_k = \frac{V_n}{\omega_p} = \frac{0,72}{0,96} = 0,75 \text{ м}^2.$$

Диаметр колонны:

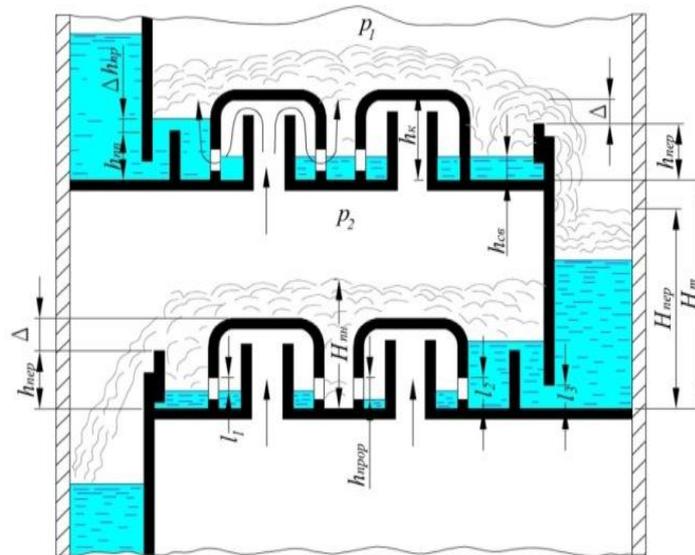
$$D_k = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,75}{3,14}} = 0,977 \text{ м.}$$

Принимаем согласно таблице 3.10[13] $D_k = 1000$ мм.

Активная высота колонны:

$$H_k = (n - 1)H_T = (20 - 1)0,3 = 5,7 \text{ м.}$$

Исходя из (табл. 3.11) [13], основные размеры нормализованных колпачковых тарелок принимаем $D_k = 1$ м. Количество колпачков $n_k = 27$ шт.



Рисунокб. Схема колонны с колпачками тарелками.

Обозначения к рисунку б: $h_{пр}$ - высота слива (высота приемной перегородки); $\Delta h_{пр}$ - высота слоя жидкости над приемной перегородкой; $h_{св} = l_2 - l_1$ - высота слоя светлой жидкости; $h_{пер}$ - высота перелива; Δ - высота слоя вспененной жидкости над переливом; H_T - расстояние между тарелками; $H_{пер}$ - высота слоя вспененной жидкости в переливном устройстве; $H_{пн}$ - высота слоя пены на тарелке; $h_{прор}$ - высота прорези; l_1 - открытие прорези.

Расчет ректификационной колонны с ситчатыми тарелками

Диаметр отверстий $d = 4$ мм, шаг отверстий $t = 12$ мм, толщина тарелки $\delta = 3$ мм, высота сливного порога $h_{пр} = 40$ мм, свободное сечение тарелки $f_{св} = 0,09$ – 9% от общей площади тарелки.

Высота нижней исчерпывающей части колонны:

$$H_{н.т} = 0,25(8 - 1) = 1,75 \text{ м.}$$

Активная высота верхней укрепляющей части колонны:

$$H_{в.т} = 0,25(12 - 1) = 3,25 \text{ м.}$$

Общая активная высота колонны $H = 1,75 + 3,25 = 5$ м.

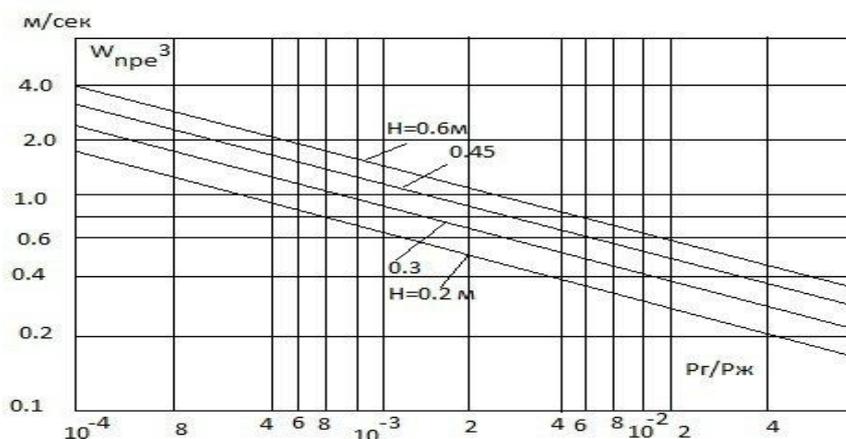


Рисунок 7. График для определения предельной скорости $\omega_{пред}$ в свободном сечении при различном расстоянии H_t между тарелками.

Расчет насадочной ректификационной колонны с (кольцами Рашига)

Кольца Рашига размером $25 \times 25 \times 3$ мм согласно (табл. 2.2) [15] удельная поверхность $f = 204 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и свободный объем $V_c = 0,74 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Расход греющего пара с учетом 5% потерь в окружающую среду:

$$D = \frac{1.05(Q_4 + Q_5 + Q_{под} - Q_1 - Q_3)}{i_{п} - i_{к}} = \frac{1.05(2150,576 + 1493,688 + 669,440 - 1489,504 - 364,008)}{654 - 143} = 2460,192 \text{ кг/ч.}$$

Расход охлаждающей воды в дефлегматоре:

$$W_1 = \frac{G_D R \left(r_{c \frac{a_D}{100}} + r_B \frac{100 - a_D}{100} \right)}{t_2'' - t_2'} = \frac{420 \cdot 2.4 \left(203 \frac{96}{100} + 552.1 \frac{100 - 96}{100} \right)}{65 - 15} = 6200 \text{ кг/ч.}$$

Расход охлаждающей воды в конденсаторе:

$$W_2 = \frac{G_D \left[\left(r_{c \frac{a_D}{100}} + r_B \frac{100 - a_D}{100} \right) + \left(c_{c \frac{a_D}{100}} + c_B \frac{100 - a_D}{100} \right) (t_D - t_K) \right]}{t_2'' - t_2'} =$$

$$\frac{420 \left[\left(203 \frac{96}{100} + 552.1 \frac{100 - 96}{100} \right) + \left(0.765 \frac{96}{100} + 1 \frac{100 - 96}{100} \right) (78.7 - 20) \right]}{65 - 15} = 22000 \text{ кг/ч.}$$

Таблица 1. Сравнительные технические данные рассчитанных типов колонн

Типы колонн	Внешние параметры колонны			Гидравлическое сопротивление колонны, Па.	Вес колонны, кг.	Суммарная стоимость материала для изготовления колонны млн. руб.
	Активная высота колонны, м.	Высота колонны, м.	Внешний диаметр колонны, м.			
Колпачковые	5,7	7,3	1	8340	9627	1,816
Ситчатые	4,75	6,6	1	4990	7576	1,640
Насадочные	8,0	12,6	0,8 и 1,0	6460	6928	1,578

Выводы

1. Произведён комплексный параметрический расчет 3-х колонн с различными контактными устройствами;
2. Выполнена сравнительная оценка колонн с различными контактами устройствами и наилучшими показателями по гидравлическому сопротивлению, и габаритным размерам, стоимость.

3. По результатам расчетов и сравнительных оценок показано, что лучшие показатели имеет насадочная колонна, установлено, что насадочная колонна наиболее экономически выгодна для данных условий и разделения смеси: этиловый спирт- вода.

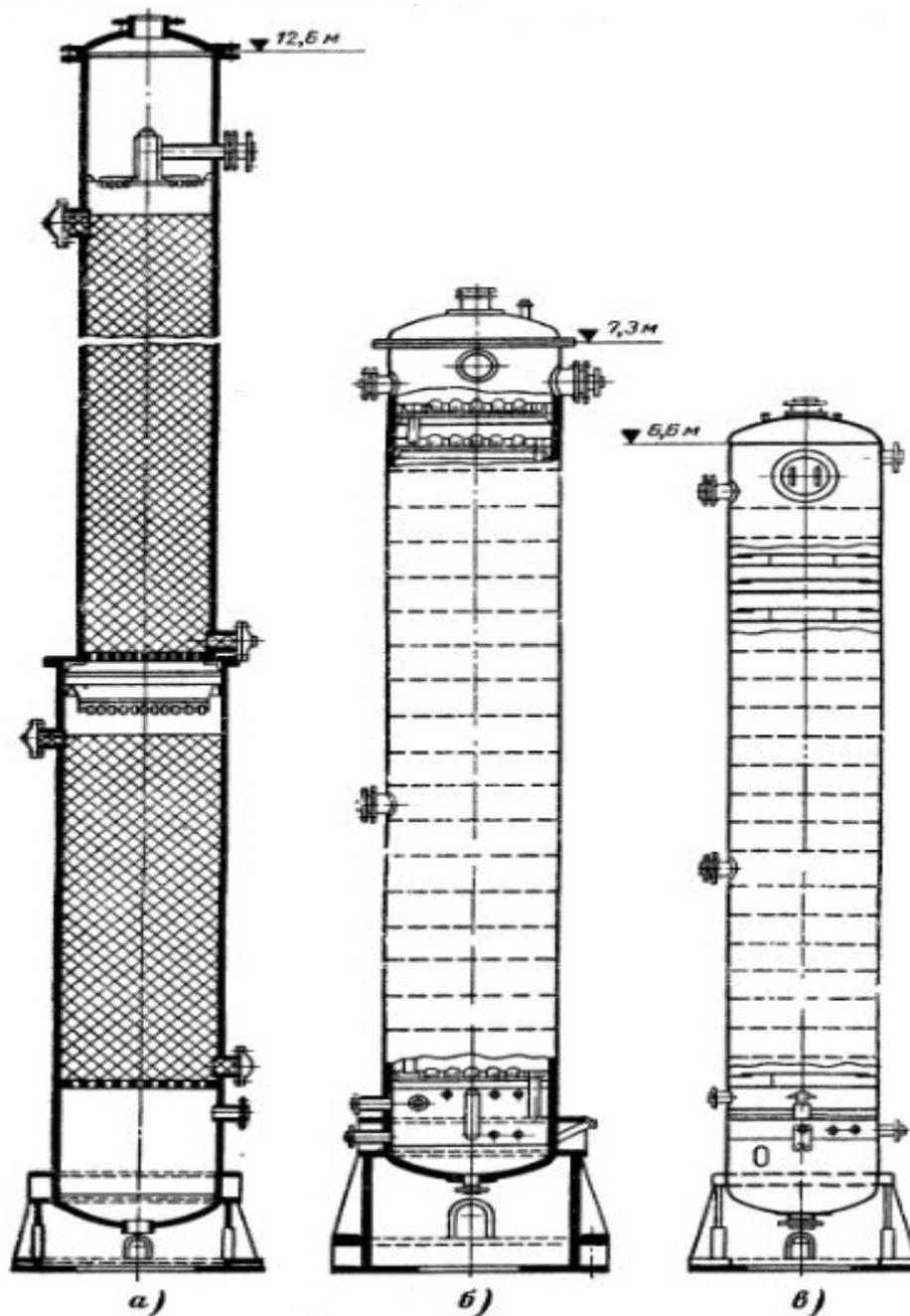


Рисунок 8. Высотные размеры рассмотренных ректификационных колонн приведены.

а- с насадкой из колец Рашига; б- с капсульными колпачками; в- с ситчатыми тарелками.