

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Исследование технологических режимов работы колонны выделения
этан-пропановой фракции из смеси легких углеводородов**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности Института химии

Зайцева Семена Алексеевича

Научный руководитель

доцент, к.х.н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

И.А. Никифоров

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ректификация является одним из важнейших технологических процессов алкогольной, фармацевтической, пищевой, химической промышленности [1] и других процессов, и является разновидностью перегонки[2].

В настоящее время на многих установках ректификации процесс разделение идет нечетко. Получаемые компоненты не соответствуют требуемому фракционному составу, а так же присутствует наложение фракций. На степень разделения влияет множество факторов, взаимосвязь которых очень сложна. Именно из-за этого *актуальной задачей* является непрерывное повышение эффективности существующих на производстве колонн путём отладки технологического режима и проектирование новых колонн за счет изменения конструкции.

Целью данной работы является исследование влияния различных параметров на работу РК для выделения этан-пропановой фракции и разработка более совершенной колонны.

Основное содержание работы

Исходные данные для моделирования

Для проведения моделирования была разработана модельная смесь ШФЛУ. Для учета материальных потоков колонны был составлен материальный баланс колонны. В нем учитывается приход смеси на тарелку питания, расход дистиллята, расход кубового продукта, расход флегмы, которая возвращается на орошение колонны.

Таблица 1 – Материальный баланс колонны выделения ЭПФ

Вещество	Приход		Расход			
			Дистиллят		Кубовый остаток	
	кг/ч	кмоль/ч	кг/ч	кмоль/ч	кг/ч	кмоль/ч
C2H6	1728,00	57,60	1728,00	57,60	0,00	0,00
C3H8	31024,00	705,09	30938,06	703,14	85,94	1,95
i-C4H10	15643,00	269,71	312,86	5,39	15330,14	264,31
n-C4H10	26780,00	461,72	41,03	0,71	26738,97	461,02
i-C5H12	7286,00	101,19	0,00	0,00	7286,00	101,19
n-C5H12	6423,00	89,21	0,00	0,00	6423,00	89,21
n-C6H14	5024,00	58,42	0,00	0,00	5024,00	58,42
Итого	93908,00		33019,96		60888,04	

Для выполнения технологического расчета в качестве исходных данных были подобраны параметры химико-технологического процесса:

- Т верха колонны: не выше 65°C;
- Т низа колонны: не выше 150°C;
- Р верха колонны: не более 21 кгс/см²

Моделирования процесса

Для исследования взаимосвязи параметров процесса (Т, Р, ЧТТ, R) и их оптимальных соотношений на степень разделения исходной смеси было выбрано решение смоделировать часть газофракционирующей установки. В данной работе рассматривается колонна К1, которая является частью газофракционирующей установки и служит для разделения ЭПФ. Для

моделирования процесса была выбрана программа ChemCad, позволяющая реализовать оформление химико-технологических производств и получить требуемую информацию о степени разделения и воздействии исследуемых параметров на неё.

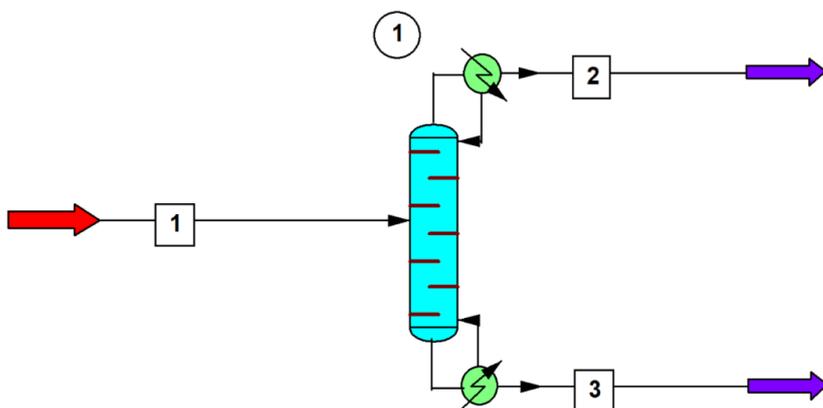


Рисунок 8 – Модель колонны выделения ЭПФ в программе ChemCad

Первым модулем для расчета был выбран модуль SHOR – модуль приближенного расчета ректификации.

Для потока ШФЛУ задаются исходные значения:

- 1)Т потока питания;
- 2)Р потока питания;
- 3)массовые расходы компонентов.

Далее задаются параметры работы колонны, а именно:

- 1)Р в колонне;
- 2)значение R;
- 3)степени извлечения разделяемых компонентов в дистилляте (основной лёгкий компонент в дистилляте – пропан, а тяжелый – и-бутан, так как его количество в дистилляте не должно превышать 2%)

Исследование в модуле SHOR сводилось к заданию определенного давления и $T_{пит}$, при этом изменяя значения R от 2,5 до 4 с шагом в 0,5 для определения ЧТТ и тарелки питания. Исследование проводилось для каждого значения давление от 17 кгс/см^2 до 21 кгс/см^2 с шагом в 0,5.

При всех задаваемых и исследуемых параметрах достигаются заданные степени разделения веществ и эффективность разделения составляет 93,70%

Следующий шаг в исследовании процесса – модуль TOWR (модуль строгого расчета ректификации и абсорбции).

Для работы в данном модуле аналогично задается:

- 1) давление на верху колонны;
- 2) перепад давления в колонне
- 3) ЧТТ;
- 4) НПТ;
- 5) флегмовое число;
- 6) температура кубового остатка.

Для оценки работы колонны проводится расчет эффективности и производительности колонны. Эффективность работы колонны определяется по степени выделения товарного продукта из сырья. Определение эффективности работы колонны определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{G_D}{G_{II}} * 100\%$$

Эффективность при работе с давлением 17 кгс/см², температуре питающего потока 72,95, при флегмовом числе 2,5, ЧТТ равному 36 и при НПТ 15 равна:

$$\varepsilon = \frac{30473,70}{32431,91} * 100\% = 93,96\%$$

Аналогично рассчитывается эффективность работы колонны при иных параметрах давления, температуры питающего потока, R, ЧТТ и НПТ.

Производительность оценивается по выходу товарного продукта.

Оптимальное значение ЧТТ, при котором достигается наибольшая эффективность, и далее изменяется незначительно, равно 35.

Следующим этапом исследования было выявление оптимального давления, при котором колонна работала бы с наибольшей эффективностью при постоянных значениях ЧТТ, НТП и R.

Оптимальное значение давления равно 17 кгс/см^2 . При работе колонны со значением данного давления достигается наибольшая степень разделения, равная $94,61\%$

Следующий этап исследования заключается в нахождении оптимального значения R при постоянных значениях Р, ЧТТ и НТП.

Оптимальное значение флегмового числа равно 4. При данном значении R достигается наибольшая эффективность работы колонны, равная $94,64\%$, а так же достигается производительность, равная $32242,43 \text{ кг/ч}$.

Таким образом, по результатам серии расчетов был выбран оптимальный технологических режим работы колонны:

- $T_{\text{верха}} = 65^\circ\text{C}$;
- $T_{\text{низа}} = 150^\circ\text{C}$;
- $T_{\text{пит}} = 72,90^\circ\text{C}$;
- $P_{\text{верха колонны}} = 17,0 \text{ кгс/см}^2$;
- Перепад давления в колонне = $0,3 \text{ кгс/см}^2$;
- $P_{\text{потока питания}} = 17,0 \text{ кгс/см}^2$;
- $\text{ЧТТ} = 35$;
- $\text{НТП} = 15$;
- $R = 4$.

Проектный расчет

Для нахождения действительного числа тарелок воспользуемся данными о КПД колпачковой тарелки[22].

$$N_{=} = \frac{N_{min}}{\eta} = \frac{35}{0,84} = 41,7.$$

Принимаем 42 шт.

Примем расстояние между тарелками:

$$h_{\text{м.т.}} = 600_{\text{мм.}}$$

Коэффициент C примем согласно выбранному $h_{\text{м.т.}}$:

$$C = 0.06.$$

Определим среднюю скорость пара в колонне[25]:

$$w = c \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{п}}}} = 0,06 \sqrt{\frac{451,55}{38,53}} = 0,2 \text{ м/с}$$

Объёмный расход проходящего через колонну пара при этой температуре равен:

$$V = \frac{4623}{3600} = 1,3_{\text{м}^3/\text{с.}}$$

Внутренний диаметр колонны:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{3,14w}} = \sqrt{\frac{4 * 1.3}{3,14 * 0.2}} = 2,878 \text{ м.}$$

Подберем подходящую стандартную колонну[26]:

$$D = 3_{\text{м}} = 3000_{\text{мм.}}$$

Высота колонны:

$$H = H_{\text{т}} + h_1 + h_2 = 24,6 + 1,2 + 3 = 28,8 \text{ м.}$$

$$H_{\text{т}} = (n - 1)h_{\text{м.т.}} = 41 * 0.6 = 24,6 \text{ м - высота насадки, [16]}$$

$$h_1 = 1,2 \text{ м [27] - высота сепарационной части,}$$

$$h_2 = 3 \text{ м[27] - высота куба.}$$

Таким образом, по результатам проектного расчета была спроектирована колонна выделения этан-пропановой фракции из ШФЛУ с использованием современных контактных устройств:

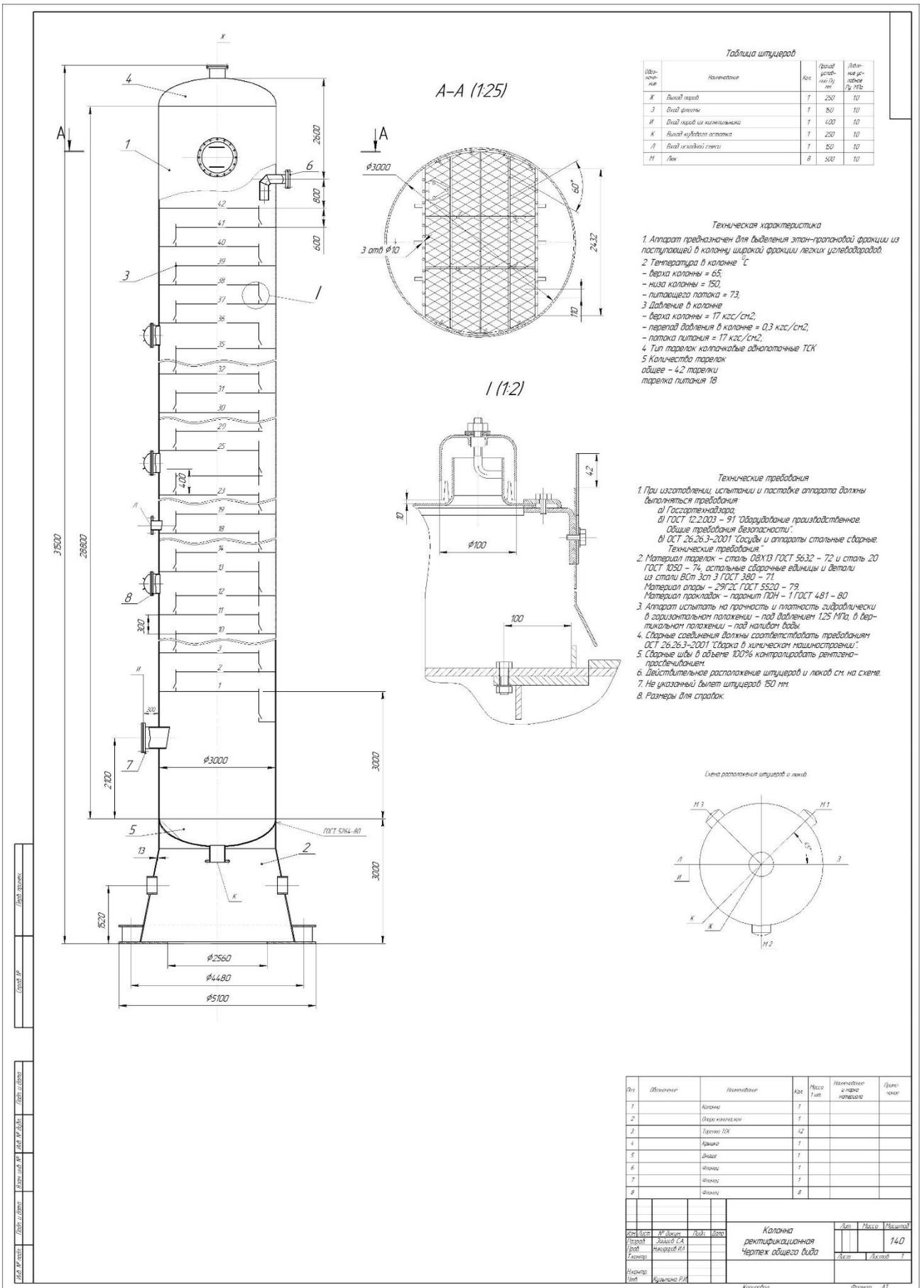


Рисунок 1 – Чертеж колонны выделения ЭПФ

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенного обзора литературы найдены перспективные контактные устройства, позволяющие достигнуть КПД разделения в ректификационных колоннах на уровне 0,80-0,86. Предложены использовать данные контактные устройств в существующей ректификационной колонне.

2. Разработана модель колонны выделения этан-пропановой фракции, подтверждена её адекватность. С помощью полученной модели оптимизированы режимы ректификационной колонны реального производства для достижения максимальной эффективности.

3. По результатам проведенных расчетов спроектирована колонна выделения этан-пропановой фракции с использованием современных контактных устройств:

- $T_{\text{верха}} = 65^{\circ}\text{C}$;
- $T_{\text{низа}} = 150^{\circ}\text{C}$;
- $T_{\text{пит}} = 73^{\circ}\text{C}$;
- $P_{\text{верха колонны}} = 17,0 \text{ кгс/см}^2$;
- Перепад давления в колонне = $0,3 \text{ кгс/см}^2$;
- $P_{\text{потока питания}} = 17,0 \text{ кгс/см}^2$;
- Число тарелок = 42;
- Флегмовое число = 4.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. GEA [Электронный ресурс] // Технология дистилляции [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: https://www.gea.com/ru/binaries/distillation-solvent-recovery-bioethanol-gea_tcm27-34888.pdf
2. Калишук Дмитрий Григорьевич [Электронный ресурс] // Перегонка и ректификация [Электронный ресурс] : [лекции ч.2]. URL: <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/72/LK/LK-3-03.pdf>
3. Кузьменко Н. В. Учебное пособие для студентов заочной формы обучения по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств» / Кузьменко Н. В. – Ангарск: АГТА, 2005. – 78 с.
4. Земцов Д. А. Разработка колонн термической ректификации в технологиях переработки растительного сырья : дис. ... канд. техн. наук / Д. А. Земцов. – Красноярск, 2017. – 112 с.
5. Разделение жидких и газовых гомогенных смесей в тарельчатых и насадочных аппаратах : Учебное пособие / А. Г. Лаптев, Н. Г. Минеев: Казан. гос. энерг. ун-т. Казань, 2005, 200с.
6. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.: Химия, 1978. – 296 с.
7. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – 3-е изд. М.: Высшая школа, 1979. – 496 с.
8. Рамм В.М. Абсорбция газов. Изд. 2-е. М.: Химия, 1976. – 768 с.
9. Технологические расчеты установок переработки нефти: Учеб.пособие для вузов / Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А. и др. М.: Химия, 1987. – 350 с.
10. Стабников В.Н. Ректификационные аппараты. – Расчет и конструирование. М.: Машиностроение, 1965. – 357с.
11. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефте- газопереработки и нефтехимии. – 3-е изд. М.: Недра, 2000. – 679 с.

12. Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: ФЭН, 2004. – 307 с.
13. Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Миндубаев Р.Ф. Очистка газов от аэрозольных частиц сепараторами с насадками. Казан.: Печатный двор, 2003. – 120 с.
14. Лаптев А.Г., Минеев Н.Г., Мальковский П.А. Проектирование и модернизация аппаратов разделения в нефте- и газопереработке. Казань: Печатный двор, 2002. – 220 с.
15. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учеб пособие для вузов / С. А. Ахметов. – Уфа : Гилем, 2002. – 672 с.
16. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической технологии. Теплообменные аппараты и ректификационные установки: Учебное пособие/ Ю. Я. Печенегов, Р. И. Кузьмина: Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. Саратов, 2010, 110с.
17. Сайфутдинов [Электронный ресурс] // А. Ф. Теоретические основы работы колонны с внутренним флегмообразованием. Сравнительный анализ внешнего и внутреннего флегмообразования. [Электронный ресурс] : [статья]. URL: <https://www.linax.ru/public/theory.pdf>
18. Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. Процессы и аппараты химической технологии. Казань: КНИТУ, 2017. – 860 с.
19. ГОСТ 9634-81. Колпачки капсульные стальные колонных аппаратов. – М : Издательство стандартов, 1981. – 5 с.
20. Пат. 2500452 Российская Федерация. Колонная ректификационная с колпачковым тарелками / А. И. Журба [и др.] – Заявка № 2009128712/05 от 24.07.2009 ; опубл. 27.01.2011 Бюл. № 3
21. Пат. 2602113 Российская Федерация. Колпачковая тарелка / Р. Н. Бахтизин [и др.] – Заявка № 2015140398/05 от 22.09.2015; опубл. 10.11.2016 Бюл. № 31

22. Пат. 2602115 Российская Федерация. Контактный элемент колпачковой тарелки / Р. Н. Бахтизин [и др.] – Заявка № 2015140401/05 от 22.09.2015; опубл. 10.11.2016 Бюл. № 31
23. ТУ 0272-023-00151638-99
24. ГОСТ Р 52087-2018. Газы углеводородные сжиженные топливные. – М : Стандартиформ, 2018. – 33 с.
25. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов /Под ред. чл. -корр. АН СССР П.Г. Романкова. 10-е изд., перераб. и доп. - Л: Химия, 1987. -576с.
26. Александров, И.А Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. / И. А. Александро. М: Химия, 1978. – 280 с.
27. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. Учебное пособие для студентов вузов./И.В. Доманский и др. Под общей ред. В.Н.Соколова. Л.: Машиностроение, Ленингр.отд-ние. 1982, 364с.