

УДК 66.02

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕКТИФИКАЦИИ ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

*Д.А. Крючков, С.В. Иваняков*

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Рассмотрены вопросы разделения смеси легких углеводородов на фракции. В качестве процесса разделения использована периодическая ректификация. Представлена технологическая схема процесса и ее описание. Рассмотрены два варианта режима работы установки: однократная и двукратная периодическая ректификация. Для каждого варианта определены временные режимы работы установки. В результате моделирования работы ректификационной колонны получены количества и компонентные составы продуктов разделения. Определены преимущества варианта с двукратной периодической ректификацией. Предложена конструкция ректификационной колонны, оснащенной насадкой АВР.*

**Ключевые слова:** периодическая ректификация, легкие углеводороды, нефтяной растворитель.

В данной работе рассмотрено получение фракции нефрас П1-55/61 из фракции 55-68 [1, 2]. Этот процесс осложнялся тем, что целевая фракция должна была быть очищена от бензола до уровня 10 ppm. Одним из возможных способов получения целевой фракции является процесс периодической ректификации.

В данном процессе используется только одна ректификационная колонна, а продукты разделяются по времени выкипания. Технологическая схема представлена на рис. 1.

Исходным сырьем установки является бензиновая фракция 55-68 °С, компонентный состав которой представлен в табл. 1.

В работе рассмотрены два варианта проведения периодического процесса:

- вариант 1 – однократная периодическая ректификация;
- вариант 2 – двукратная периодическая ректификация.

Рассмотрим эти варианты подробнее.

*Вариант 1 – однократная периодическая ректификация.* В начале процесса исходная фракция закачивается в ребойлер периодически работающей колонны К-101. Здесь происходит испарение жидкости за счет ее нагрева теплоносителем. Пары с верха колонны проходят через воздушный конденсатор ХВ-101, после чего поступают в сепаратор Е-101. Жидкость из сепаратора забирается насосом Н-101 и подается на орошение колонны. В определенный промежуток времени данная жидкость по своему составу и свойствам соответствует целевой фракции. В этот период часть жидкости после насоса Н-101 отбирается и отправляется в товарный парк.

---

*Дмитрий Александрович Крючков (к.т.н.), доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств».*

*Сергей Викторович Иваняков (к.т.н.), доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств».*

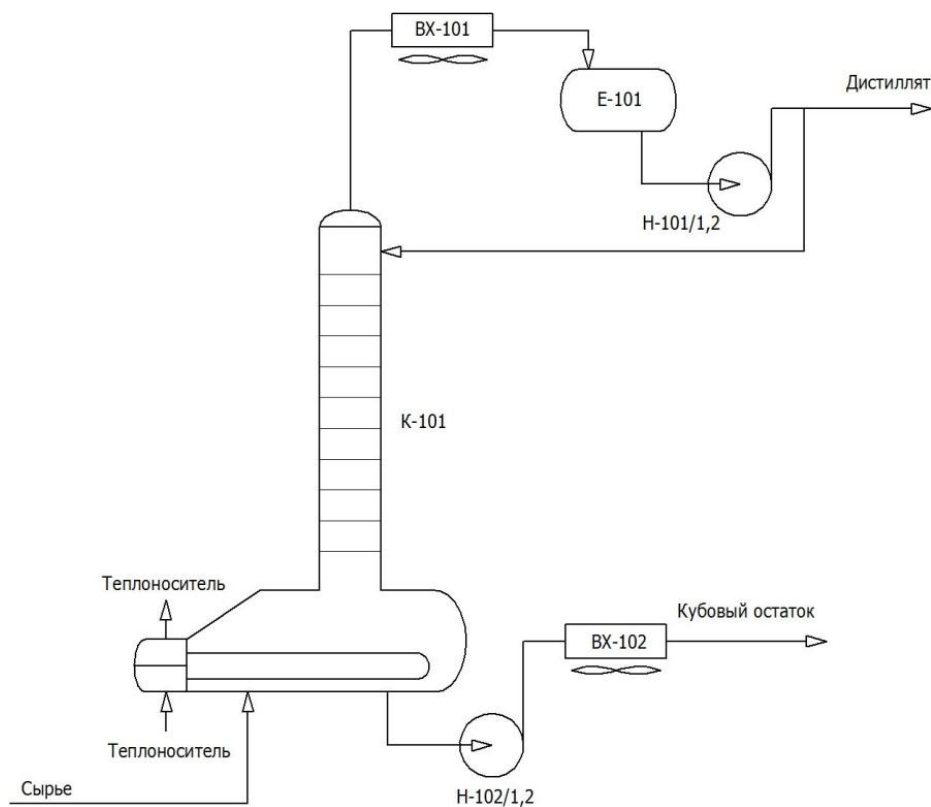


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема блока периодической ректификации производства углеводородных растворителей

Таблица 1

**Компонентный состав бензиновой фракции 55-68 °С**

Компонент	% массовый
Пентан	0,006175
2,2-Диметилбутан	0,534083
Циклопентан	0,204559
2,3-Диметилбутан	13,264627
2-Метилпентан	64,997803
3-Метилпентан	19,959433
Гексан	0,860672
Метилциклопентан	0,039403
Бензол	0,133254

В результате моделирования процесса периодической ректификации установлен следующий временной режим работы:

1. В течение первых 6 час проводится выход колонны на режим. При этом отбора целевой фракции не происходит, а вся жидкость с насоса Н-101 подается на орошение колонны.

2. В течение последующих 18 час проводится отбор целевой фракции нефрас П1-55/61.

После окончания отбора целевой фракции процесс периодической ректификации прекращается. Остаток жидкости из ребойлера колонны откачивается насосом Н-102, охлаждается в воздушном холодильнике ХВ-102 и смешивается с фракцией нефрас 63-75.

Компонентный состав полученных продуктов при однократной периодической ректификации представлен в табл. 2.

*Вариант 2 – двукратная периодическая ректификация.* В этом варианте для выделения целевой фракции процесс периодической ректификации проводится дважды. Технологическая схема процесса такая же, как и в варианте 1.

В начале процесса исходная фракция закачивается в ребойлер периодически работающей колонны К-101. Через определенный промежуток времени после начала процесса жидкость, подаваемая на орошение, представляет собой петролейный эфир. В этот период времени часть жидкости после насоса Н-101 отбирается и смешивается с верхним продуктом колонны К-4. После отгона петролейного эфира начинается отбор промежуточного дистиллята, содержащего целевую фракцию.

Таблица 2

**Компонентные составы полученных продуктов при однократной периодической ректификации**

Компонент	% массовый	
	Нефрас П1-55/61	Кубовый остаток
Пентан	0,035460	0,001415
2,2-Диметилбутан	2,958777	0,139251
Циклопентан	1,164470	0,048319
2,3-Диметилбутан	29,118183	10,683543
2-Метилпентан	64,315491	65,108887
3-Метилпентан	2,404739	22,817484
Гексан	0,001468	1,000555
Метилциклопентан	0,000021	0,045815
Бензол	0,001393	0,154722

В результате моделирования процесса периодической ректификации [3, 4] установлен следующий временной режим работы:

1. В течение первых 6 час проводится выход колонны на режим. При этом отбора фракций не происходит, а вся жидкость с насоса Н-101 подается на орошение колонны.

2. В течение последующих 14 час проводится отбор легкой части, которая смешивается с петролейным эфиром.

3. В течение последующих 10 час отбирается промежуточный дистиллят.

После окончания отбора промежуточного дистиллята первый этап процесса периодической ректификации прекращается. Остаток жидкости из ребойлера колонны откачивается насосом Н-102, охлаждается в воздушном холодильнике ХВ-102 и смешивается с фракцией нефрас 63-75.

В начале второго этапа промежуточный дистиллят закачивается в ребойлер периодически работающей колонны К-101. Через определенный промежуток времени после начала процесса жидкость, подаваемая на орошение, представляет собой целевую фракцию. В этот период времени часть жидкости после насоса Н-101 отбирается и отправляется в товарный парк.

В результате моделирования процесса периодической ректификации установлен следующий временной режим работы:

1. В течение первых 2 час проводится выход колонны на режим. При этом отбора фракций не происходит, а вся жидкость с насоса Н-101 подается на орошение колонны.

2. В течение последующих 14 час проводится отбор целевой фракции нефрас П1-55/61.

После окончания отбора целевой фракции второй этап процесса периодической ректификации прекращается. Остаток жидкости из ребойлера колонны откачивается насосом Н-102, охлаждается в воздушном холодильнике ХВ-102 и смешивается с фракцией нефрас 63-75.

Компонентные составы полученных продуктов при двукратной периодической ректификации представлены табл. 3.

Таблица 3

**Компонентные составы полученных продуктов при двукратной периодической ректификации**

Компонент	% массовый		
	Легкая часть	Нефрас П1-55/61	Кубовый остаток
Пентан	0,023217	0,001629	0,000147
2,2-Диметилбутан	1,959666	0,170586	0,015785
Циклопентан	0,765029	0,056248	0,005102
2,3-Диметилбутан	26,321558	15,229039	4,358237
2-Метилпентан	68,091164	78,933159	52,304184
3-Метилпентан	2,835892	5,608250	40,891430
Гексан	0,001739	0,000298	2,021035
Метилциклопентан	0,000024	0,000001	0,092567
Бензол	0,001712	0,000784	0,311516

Таблица 4

**Расчетный материальный баланс периодической ректификации при однократной и двукратной перегонке**

Наименование	Однократная перегонка		Двукратная перегонка	
	Количество		Количество	
	кг	% массовый на сырье	кг	% массовый на сырье
Взято:				
Фракция 55/68	2500	100	2500	100
Итого:	2500	100	2500	100
Получено:				
Легкая часть	0	0	600	24
Нефрас П1-55/61	350	14	836	33,44
Кубовый остаток	2150	86	1064	42,56
Итого:	2500	100	2500	100

В табл. 4 представлен расчетный материальный баланс периодической ректификации при однократной и двукратной перегонке, составленный из расчета разовой загрузки в 2500 кг. Балансы рассчитаны без учета нормативных (0,5 %) потерь сырья и готовой продукции.

Из полученных результатов следует, что при двукратной перегонке получается в 2,4 раза больше целевого продукта с более четким началом кипения при увеличении времени процесса только в 1,9 раза (с 24 до 46 час), что позволяет говорить о целесообразности использования метода двукратной периодической ректификации.

В результате проведенных исследований был разработан колонный аппарат для проведения процесса периодической ректификации (рис. 2).

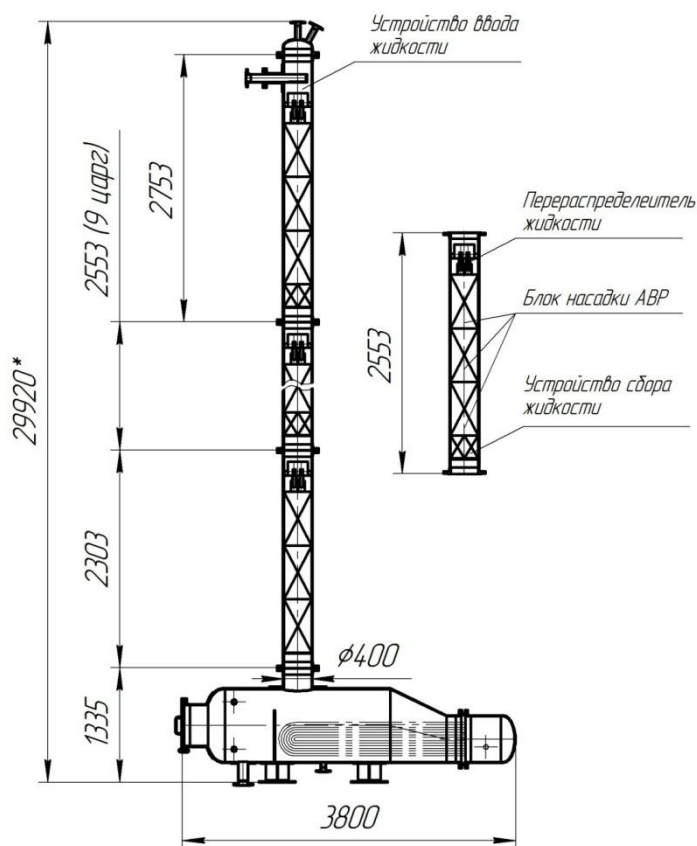


Рис. 2. Колонный аппарат блока периодической ректификации производства углеводородных растворителей

Данная колонна представляет собой вертикальный цилиндрический царговый аппарат, установленный на испаритель с паровым пространством. Общая высота аппарата составляет 29920 мм. Диаметр царговой части 400 мм. Колонна состоит из 11 царг, оснащенных насадкой АВР 60х60-р и устройствами сбора и перераспределения жидкости [5].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стекольников М.Н. Углеводородные растворители. Свойства, производство, применение: Справочник. – М.: Химия, 1986. – 120 с.

2. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. – М.: Химия, 1981. – 352 с.
3. Гуревич Г.Р., Брусиловский А.И. Справочное пособие по расчету фазового равновесия и свойств газоконденсатных смесей. – М.: Недра, 1984. – 264 с.
4. Уэйлес С.М. Фазовые равновесия в химической технологии. – М.: Мир, 1989. – Ч. 1. – 301 с.
5. Григорян Л.Г. Гидродинамика, массо- и теплообмен при взаимодействии жидкости и газа на вертикальных контактных решетках колонных аппаратов: Дис. ... докт. техн. наук: 05.17.08. – Л., 1986. – 333 с.

Статья поступила в редакцию 25 сентября 2014 г.

## MODELING THE PROCESS OF PERIODICAL RECTIFICATION OF LIGHT HYDROCARBONS

*D.A. Kryuchkov, S.V. Ivanyakov*

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*The paper deals with the issues of breaking the mixtures of the light hydrocarbons into fractions. The periodical rectification is used as fractionation process. The process flow-sheet and its description are presented. Two types of the unit operation are considered: one-time and two-times periodical rectification. Time conditions are determined for each type. As the result of modeling the rectification column operation, volumes and compositions of fractionalization products are obtained. The advantages of two-times periodical rectification are defined. The design of rectification column equipped with automatic transfer switch is proposed.*

**Keywords:** *periodical rectification, light hydrocarbons, oil solvent.*

---

*Dmitriy A. Kryuchkov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.  
Sergey V. Ivanyakov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.*