



УДК 66.048.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ В УЗЛЕ ВВОДА СЫРЬЯ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ

### A STUDY OF THE INFLUENCE OF THE SEPARATION EFFICIENCY IN THE INPUT NODE OF THE RAW MATERIALS OF THE TOWER ENERGY COSTS

**Маннанов Тимур Ильнурович**  
аспирант кафедры нефтехимии  
и химической технологии,  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
t.i.mannanov@yandex.ru

**Лесной Денис Вячеславович**  
аспирант кафедры  
нефтехимии и химической технологии,  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
denislesnoy1992@gmail.com

**Чуракова Светлана Константиновна**  
доктор технических наук, профессор,  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
churakovack@rambler.ru

**Аннотация.** На основе модельной смеси углеводородов изучено влияние эффективности сепарации в зоне питания ректификационной колонны на энергозатраты, необходимые для процесса разделения. Показано, что снижение эффективности сепарации на 30 % увеличит теплоподвод и теплосъем соответственно на 7,9 % и 14,9 %. Таким образом, доказана актуальность исследования проблемы разделения парожидкостного потока сырья в зоне питания ректификационной колонны.

**Ключевые слова:** зона питания, ректификация, узел ввода сырья, энергозатраты, эффективность разделения.

**Mannanov Timur Ilnurovich**  
Post-graduate of Department  
of Petrochemistry and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
t.i.mannanov@yandex.ru

**Lesnoy Denis Vyacheslavovich**  
Post-graduate of Department  
of Petrochemistry and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
denislesnoy1992@gmail.com

**Churakova Svetlana Konstantinovna**  
Doctor of technical Sciences, Professor,  
Ufa State Petroleum Technological University  
churakovack@rambler.ru

**Annotation.** On the basis of the model mixture of hydrocarbons, the effect of separation efficiency in the feeding zone of the distillation column on the energy required for the separation process is studied. It is shown that the decrease in the separation efficiency by 30 % will increase the heat supply and heat collection by 7,9 % and 14,9 %, respectively. Thus, the relevance of the study of the problem of separation of the vapor-liquid flow of raw materials in the feeding zone of the distillation column is proved.

**Keywords:** area power, energy consumption, efficiency of separation, rectification, the input node of raw materials.

Ректификация является основным процессом разделения смесей в нефте- и газоперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Энергозатраты на проведение процессов ректификации в нефтепереработке составляют около 70 % от суммарных энергозатрат на производстве [1]. Вопросам энергосбережения путем замены внутренних контактных устройств колонн на более эффективные посвящено большое количество работ [2–5]. Однако, важнейшим фактором эффективного фракционирования, помимо конструкций внутренних контактных устройств, является организация правильной подачи сырьевой смеси в колонну. Каплеунос, попадание растворенного газа в отгонную секцию колонны, а также неравномерное распределение пара и жидкости в зоне ввода сырья способны значительно снизить эффективность работы аппарата в целом. Исследованию зависимости эффективности работы колонны от полноты разделения сырьевой смеси в зоне питания посвящена данная работа.

Моделирование процесса ректификации проводилось в среде UnisimDesign. В качестве модельного сырья применялась смесь легких углеводородов  $C_1$ – $C_4$ , подробный состав которой приведен в таблице 1. Расход сырья составлял 5575 кг/ч. Целью разделения являлось получение изобутан-бутановой фракции с содержанием пропана не более 2 %, при суммарном содержании бутанов в дистилляте не более 2 %. Так как поставленная задача заключалась в изучении влияния эффективности разделения парожидкостного сырья в зоне питания на энергозатраты колонны, материальный баланс колонны не изменялся. Подвод тепла с сырьем колонны и отводы тепла с продуктами разделения также оставались неизменными.



Таблица 1 – Состав модельного сырья

Компонент	Содержание, % мол.
Метан $CH_4$	24,70
Этан $C_2H_6$	26,18
Пропан $C_3H_8$	25,60
Изобутан $C_4H_{10}$	12,03
н-бутан $C_4H_{10}$	11,49

Результаты моделирования представлены в таблице 2. Скриншот модели представлен на рисунке 1.

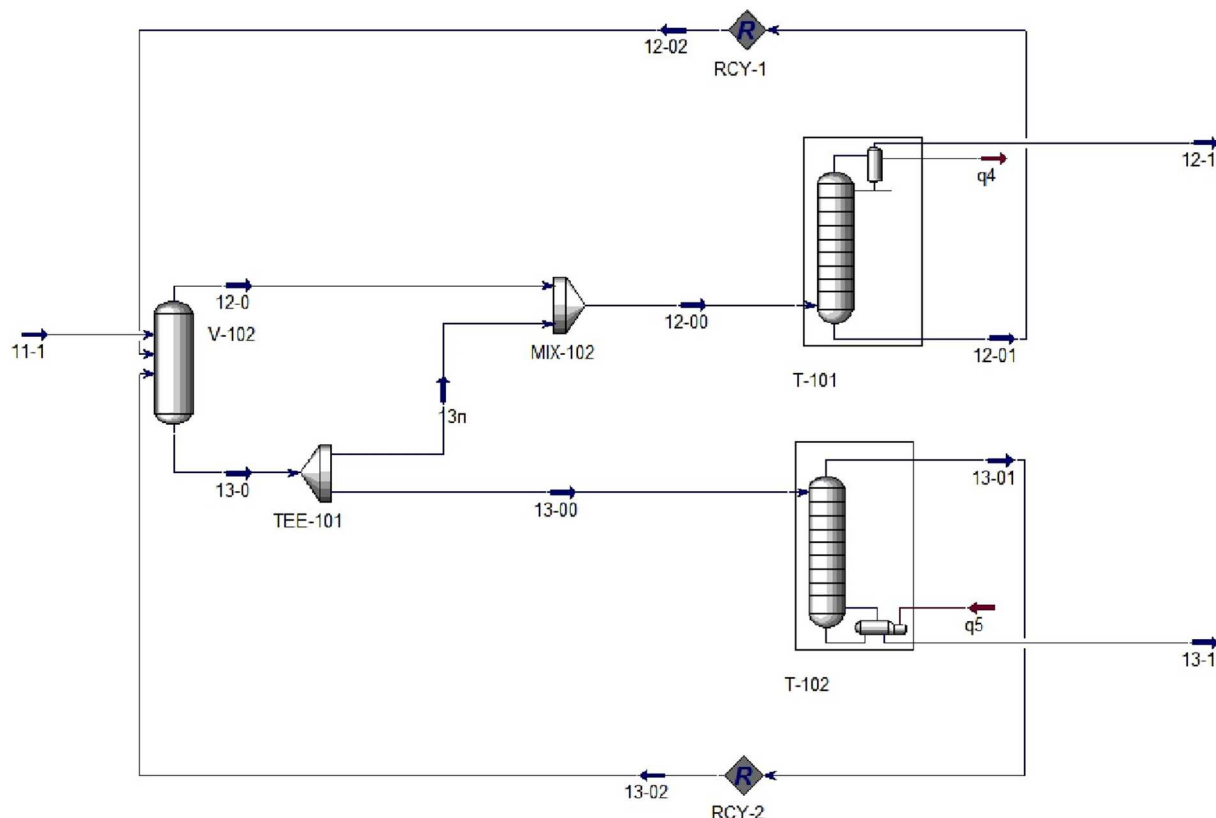


Рисунок 1 – Модель колонны для определения влияния эффективности зоны питания

Как видно из таблицы 2, снижение эффективности разделения в зоне питания приводит к заметному увеличению энергозатрат. При снижении эффективности разделения в узле ввода сырья на 30 % увеличение теплоподвода колонну составило 7,9 %, увеличение теплоотвода из колонны 14,9 %. Зависимости энергозатрат от эффективности разделения сырья в зоне питания представлены на рисунке 2.

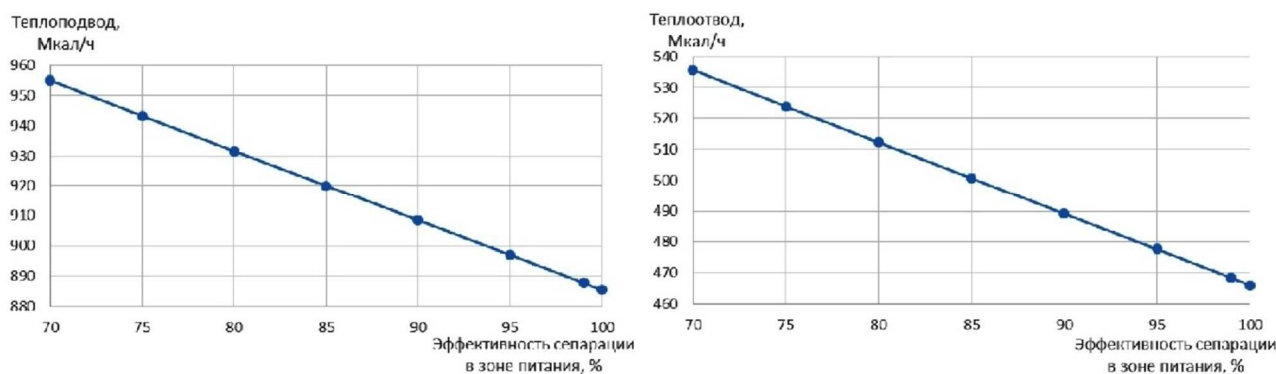


Рисунок – 2



Таблица 2 – Результаты моделирования колонны с различной эффективностью разделения в зоне питания

Степень разделения в зоне питания	100%		99%		95%		90%		85%		80%		75%		70%	
	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.	Пар	Жидк.
Параметр																
Температура, °С	3,9	84,2	3,9	84,2	3,9	84,2	3,9	84,2	3,9	84,2	3,9	84,2	3,9	84,2	3,9	84,2
Давление, бар	13	13,14	13	13,14	13	13,14	13	13,14	13	13,14	13	13,14	13	13,14	13	13,14
Масс. расход, кг/ч	3619	1956	3619	1956	3619	1956	3619	1956	3619	1956	3619	1956	3619	1956	3619	1956
Состав, % мол.																
Метан	31,84	0,00	31,84	0,00	31,84	0,00	31,84	0,00	31,84	0,00	31,84	0,00	31,84	0,00	31,84	0,00
Этан	33,75	0,00	33,75	0,00	33,75	0,00	33,75	0,00	33,75	0,00	33,75	0,00	33,75	0,00	33,75	0,00
Пропан	32,41	2,00	32,41	2,00	32,41	2,00	32,41	2,00	32,41	2,00	32,41	2,00	32,41	2,00	32,41	2,00
Изобутан	1,79	47,47	1,79	47,47	1,79	47,47	1,79	47,47	1,79	47,47	1,79	47,47	1,79	47,47	1,79	47,47
Бутан	0,21	50,53	0,21	50,53	0,21	50,53	0,21	50,53	0,21	50,53	0,21	50,53	0,21	50,53	0,21	50,53
Подвод тепла, Мкал	885,4		887,7		897		908,5		920,1		931,6		943,3		955,1	
Отвод тепла, Мкал	466,1		468,4		477,6		489,1		500,7		512,3		523,9		535,7	



По результатам моделирования можно сделать вывод, что конструктивное оформление узла ввода сырья в ректификационную колонну имеет серьезное влияние на энергозатраты процесса разделения. Снижение эффективности разделения в зоне питания на 30 % приводит к необходимости увеличивать теплоподвод на 7,9 % и повышать съем тепла на 14,9 %. Таким образом, доказана актуальность задачи изучения и совершенствования конструкций зон питания фракционирующего оборудования.

#### Литература:

1. Чуракова С.К. Варианты интенсификации работы действующего массообменного оборудования в процессах нефтегазопереработки и нефтехимии // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2013. – № 5. – С. 48–53.
2. Чуракова С.К. Разработка энергосберегающих технологий нефтегазопереработки на основе перекрёстноточных насадочных контактных устройств : автореф. дисс. докт. тех. наук. – Уфа, 2014. – 48 с.
3. Нестеров И.Д., Чуракова С.К., Богатых К.Ф. Увеличение выработки пропан-бутановой фракции на оренбургском ГПЗ за счет замены клапанных тарелок на перекрёстноточную насадку в колоннах 374C02 и 374C03 установки 2У-370 // Башкирский химический журнал. – 2009. – № 3. – С. 67–70.
4. Маннанов Т.И., Чуракова С.К., Шухтуев Р.А. Расчетные исследования по снижению энергозатрат в системе экстрактивной ректификации фенола-сырца // Башкирский химический журнал. – 2018. – № 2. – С. 120–126.
5. Чуракова С.К. [и др.]. Модернизация ректификационного оборудования с использованием перекрёстноточных насадочных контактных устройств // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2013. – № 11. – С. 29–34.

#### References:

1. Churakova S.K. Alternatives of an intensification of work of acting mass-transfer equipment in the processes of oil&gas refining and petrochemistry // Refining and petrochemicals. – 2013. – № 5. – P. 48–53.
2. Churakova S.K. Development of energy-saving technologies of oil and gas processing on the basis of cross-flow nozzle contact devices : abstract. diss. Doctor. Techn. sciences. – Ufa, 2014. – 48 p.
3. Nesterov I.D., Churakova S.K., Bogatykh K.F. Increase the production of propane-butane fraction at the Orenburg gas processing plant by replacing the valve plate in cross-flow nozzle in the columns 374C02 and 374C03 installation 2U-370 // Bashkir chemical journal. – 2009. – Vol. 16. – № 3. – P. 67–70.
4. Mannanov T.I., Churakova S.K., Shukhtuev R.A. Computational Researches on the Reduction of Energy Consumption in the System of Extractive Distillation of Phenol Raw // Bashkir chemical journal. – 2018. – № 2. – P. 120–126.
5. Churakova S.K. [et al.]. Modernization of distillation equipment using cross-flow Packed contact devices // World of petroleum products. Herald of the oil companies. – 2013. – № 11. – P. 29–34.