



УДК 66.048.3

## РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛНОТЫ СЕПАРАЦИИ ПАРОЖИДКОСТНОГО СЫРЬЯ НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СМЕСЕЙ

### COMPUTATIONAL STUDY OF THE INFLUENCE OF SEPARATION EFFICIENCY OF VAPOR-LIQUID RAW MATERIALS ON THE ENERGY CONSUMPTION OF THE PROCESS OF RECTIFICATION OF VARIOUS MIXTURES

**Маннанов Тимур Ильнурович**

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

**Чураков Василий Александрович**

магистрант кафедры нефтехимии и химической технологии,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет  
ophioc@gmail.com

**Чуракова Светлана Константиновна**

доктор технических наук,  
профессор кафедры нефтехимии и химической технологии,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет  
chskugntu@rambler.ru

**Аннотация.** Проведено расчетное исследование влияния эффективности работы устройства ввода сырья энергозатрат процесса ректификации на примере колонн деизопентанизации и деэтанализации. Показано, что снижение эффективности сепарации увеличит теплоподвод и теплосъем рассматриваемых колонн. Отмечено, что влияние эффективности работы устройства ввода сырья на энергозатраты процесса ректификации более выражены при небольшом количестве контактных устройств.

**Ключевые слова:** деизопентанизация, деэтанализация, 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

**Churakov Vasily Aleksandrovich**

Master of Department of Petrochemistry  
and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
ophioc@gmail.com

**Churakova Svetlana Konstantinovna**

Doctor of technical Sciences,  
Professor of Department of Petrochemistry  
and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
chskugntu@rambler.ru

**Annotation.** A calculated study of the effect of the efficiency of the input device of raw materials of the energy consumption of the rectification process on the example of deisopentanzation and deethanization columns was carried out. It is shown that a decrease in the separation efficiency will increase the heat supply and heat removal of the columns under consideration. It is noted that the effect of the efficiency of the raw material input device on the energy consumption of the rectification process is more pronounced with a small number of contact devices.

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

Ректификация является важным процессом разделения реакционных смесей на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях. Процессы ректификации могут занимать до 70 % общих затрат нефтеперерабатывающего предприятия [1]. Организация подачи сырьевой смеси в колонну имеет влияние на энергозатраты процесса фракционирования в целом. Это связано со снижением эффективности работы как минимум ближайших к устройству ввода сырья контактных устройств вследствие таких явлений, как каплеунос и неравномерное распределение пара и жидкости. Ранее авторами [2] было показано, что снижение эффективности разделения в зоне питания приводит к необходимости увеличивать теплоподвод и повышать съем тепла, и доказана актуальность задачи изучения и совершенствования конструкций зон питания фракционирующего оборудования. Данная работа представляет продолжение расчетного исследования по влиянию на эффективность работы колонны от полноты разделения сырьевой смеси в зоне питания на различных примерах реальных колонн нефтепереработки и нефтехимии, при различном давлении и числе теоретических тарелок.

В работе [2] в качестве модельного сырья применялась смесь легких углеводородов  $C_1-C_4$ , при повышенном давлении 13 атм. Колонна состояла из 15 теоретических тарелок. Было показано, что при фиксированном материальном балансе снижение эффективности разделения в зоне питания в среднем на каждый 1 % приводит к необходимости увеличивать теплоподвод на 0,26 % и повышать теплосъем на 0,50 %, а при уменьшении эффективности разделения сырьевого потока в узле ввода



сырья на 10 % теплоподвод увеличивается на 2,61 %, теплоотвод увеличивается на 4,93 %, что является серьезным показателем. Тем не менее, следует отметить, что в большинстве применяемых на производстве колонн устанавливается большее количество контактных устройств, что обуславливает необходимость в дополнительном исследовании.

Влияние полноты разделения парожидкостного сырья на эффективность работы колонны рассмотрена на примерах колонн деэтанализации установки пиролиза и деизопентанизации установки изомеризации бензиновых фракций. Данные колонны имеют существенные отличия по составу смеси, по количеству и типу внутренних контактных устройств, по технологическим параметрам проведения процесса.

В колонне деизопентанизации происходит разделение стабильной реакционной смеси процесса изомеризации бензиновых фракций с выделением изопентановой фракции в качестве дистиллята, являющейся высокооктановым компонентом товарных бензинов, имеющей низкое содержание ограниченных стандартом ТР ТС 013/2011 олефинов и ароматических соединений, и обладающей хорошими пусковыми свойствами [3]. Ранее в работе [4] прорабатывался вопрос о снижении энергозатрат на фракционирование с применением перекрестноточных насадочных контактных устройств в количестве 60, 70 и 80 шт.

Сырьем колонны является фракция, преимущественно состоящая из предельных углеводородов  $C_5-C_6$  нормального и разветвленного строения. Давление колонны составляет 2,10 атм, т.е. разделение происходит при небольшом избыточном давлении. Расход сырья 10000 кг/ч. Целью разделения являлось получение изопентановой фракции в количестве 4200 кг/ч, с содержанием изопентана 97,5 % масс. Расчет приведен на варианты с 60, 70 и 80 реальными тарелками при КПД 0,6. Результаты расчета приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты моделирования деизопентанизатора

Эффективность устройства ввода сырья	Теплоподвод, Гкал/ч			Теплоотвод, Гкал/ч		
	60 тар.	70 тар.	80 тар.	60 тар.	70 тар.	80 тар.
1,00	7,092	4,677	3,783	7,481	5,066	4,172
0,99	7,099	4,679	3,784	7,488	5,069	4,173
0,95	7,128	4,688	3,788	7,518	5,078	4,178
0,90	7,166	4,700	3,794	7,556	5,089	4,183
0,85	7,205	4,711	3,799	7,595	5,101	4,188
0,80	7,245	4,723	3,804	7,635	5,113	4,194
0,75	7,285	4,735	3,810	7,675	5,125	4,199
0,70	7,236	4,747	3,813	7,716	5,137	4,202

Как видно из таблицы 1, снижение эффективности разделения в зоне питания приводит к увеличению энергозатрат. При снижении эффективности разделения в узле ввода сырья на 10 % увеличение теплоподвода в колонну с 60 тарелками составило 1,04 %, увеличение теплоотвода из колонны 1,00 %, с 70 тарелками составило 0,49 %, увеличение теплоотвода из колонны 0,45 %, с 80 тарелками составило 0,29 %, увеличение теплоотвода из колонны 0,26 %. Можно отметить, что влияние эффективности работы зоны питания колонны снижается при увеличении числа тарелок колонны.

В колонне деэтанализации установки пиролиза происходит выделение из очищенной от метановодородной фракции пирогаза этан-этиленовой фракции, из которой получают этилен для дальнейшего производства полимерной продукции. Пирогаз представляет собой смесь алкановых и алкеновых углеводородов  $C_2-C_4$ , разделение в колонне происходит под высоким давлением 29,0 атм и с применением холодильных установок для обеспечения температуры верха деэтанализатора  $-10$  °С. Это обуславливает высокую стоимость затрат на отвод тепла колонны [5].

Сырьем колонны является пирогаз, предварительно очищенный от метана и водорода, состав которого приведен в таблице 2. Давление колонны составляет 29,0 атм, т.е. разделение происходит при повышенном давлении. Расход сырья 18840 кг/ч. Целью разделения являлось получение этан-этиленовой фракции в количестве 13510 кг/ч, с содержанием суммы этана и этилена 98,6 % масс. Колонна оснащается 41 реальной тарелкой с КПД 0,7. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, снижение эффективности разделения в зоне питания приводит к увеличению энергозатрат. При снижении эффективности разделения в узле ввода сырья на 10 % увеличение теплоподвода составило 0,84 %, увеличение теплоотвода из колонны 1,01 %.

По результатам моделирования можно подтвердить тезис, что конструктивное оформление узла ввода сырья в ректификационную колонну имеет серьезное влияние на энергозатраты процесса разделения, при различных условиях процесса ректификации. Отмечено, что чем меньше контактных устройств содержит колонна, тем большее влияние на энергозатраты процесса ректификации оказывает эффективность работы устройства ввода сырья.



Таблица 2 – Состав сырья колонны деэтанзации

Компонент	Содержание, % масс.
Метан	0,12
Этан	13,69
Этилен	57,24
Ацетилен	0,42
Пропан	2,99
Пропилен	12,54
Метилацетилен	0,82
C <sub>4+</sub>	12,20

Таблица 3 – Результаты моделирования деэтанизатора

Эффективность устройства ввода сырья	Теплоподвод, Мкал/ч	Теплоотвод, Мкал/ч
1,00	963,8	800,5
0,99	964,0	800,8
0,95	967,4	804,2
0,90	971,9	808,7
0,85	976,3	813,2
0,80	980,8	817,7
0,75	985,3	822,1
0,70	989,5	826,3

### Литература:

1. Чуракова С.К., Нестеров И.Д., Богатых К.Ф. Способы снижения энергозатрат на стадии частичного отбензинивания нефти // Химия и технология топлив и масел. – 2013. – № 1 (575). – С. 6–9.
2. Маннанов Т.И., Лесной Д.В., Чуракова С.К. Исследование влияния эффективности сепарации в узле ввода сырья ректификационных колонн на энергетические затраты // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 4. – С. 85–88.
3. Изомеризация бензиновых фракций – путь к увеличению производства высокооктановых компонентов бензинов на Сургутском ЗСК / И.А. Мнушкин [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2018. – № 4. – С. 3–8.
4. Ресурсо-энергосберегающая технология деизопентанизации для квалифицированного использования ресурсов изопентана / Т.И. Маннанов [и др.] // В сборнике: Нефтегазопереработка – 2017. Материалы междунауч.-практ. конф. – 2017. – С. 162–164.
5. Файрузова Д.А., Маннанов Т.И. Снижение энергозатрат в колонне выделения этан-этиленовой фракции блока фракционирования пирогаза // В сборнике: Перспективы инновационного развития химической технологии и инженерии: Материалы II Междунауч.-практ. конф. – 2021. – С. 192.

### References:

1. Churakova S.K., Nesterov I.D., Bogatykh K.F. Methods of reducing energy consumption at the partial crude oil topping stage // Chemistry and technology of fuels and oils. – 2013. – № 1. – P. 6–9.
2. Mannanov T.I., Lesnoy D.V., Churakova S.K. A study of the influence of the separation efficiency in the input node of the raw materials of the tower energy costs // Readings of A.I. Bulatov – 2019. – Vol. 4. – P. 85–88.
3. Isomerization of gasoline fractions is a way to increase the production of high-octane gasoline components at Surgut condensate stabilization factory / I.A. Mnushkin [et al.] // Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices. – 2018. – № 4. – P. 3–8.
4. Resource-energy-saving deisopentanization technology for the qualified use of isopentane resources / T.I. Mannanov [et al.] // In the collection: Oil and gas processing – 2017. Materials of the international scientific and practical conference. – 2017. – P. 162–164.
5. Fayruzova D.A., Mannanov T.I. Reduction of energy consumption in the separation column of ethane-ethylene fraction of the pyrogas fractionation unit // In the collection: Prospects of innovative development of chemical technology and engineering: Materials of the II International Scientific and Practical Conference. – 2021. – P. 192.