

Ф. Б. Шевляков (к.т.н., доц.)¹, О. К. Шурупов (дир.)², Т. Г. Умергалин (д.т.н., проф.)¹

О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ РАСЧЕТА РАСХОДНОГО КОЭФФИЦИЕНТА БУТАДИЕНА-1,3 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУТАДИЕНА МЕТОДОМ ХЕМОСОРБЦИИ

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра газохимии и моделирования химико-технологических процессов
450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1, тел. (3472)2420837, e-mail: umergalin2010@yandex.ru

² ООО «Управляющая Компания «ТАУ НефтеХим»
450110, г. Стерлитамак, ул. Техническая, 14, тел. (3473)439653, e-mail: shurupov.ok@uktau.ru

F. B. Shevlyakov¹, O. K. Shurupov², T. G. Umergalin¹

ABOUT THE PROGRAM COMPLEX OF THE BUTADIENE-1,3 CONSUMPTION COEFFICIENT CALCULATION OF BUTADIEN PRODUCTION BY THE CHEMOSORPTION METHOD

¹ Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., 450062, Ufa, Russia, ph. (3472)2420837, e-mail: umergalin2010@yandex.ru

² Management Company «TAU Neftekhim» LLC
14, Tekhnicheskaya Str., 453110, Sterlitamak, Russia, ph. (3473)439653, e-mail: shurupov.ok@uktau.ru

Вовлечение в производство бутадиена-1,3 товарных фракции C₄ от разных производителей с пониженным содержанием бутадиена и повышенным содержанием легких и тяжелых компонентов, по сравнению с пиролизной фракцией ББФ, приводит к увеличению расходного коэффициента бутадиена-1,3. С целью прогнозирования значения расходного коэффициента при использовании разного качества сырья для производства бутадиена-1,3 марки А и марки Б разработан программный продукт, позволяющий проводить расчет расходного коэффициента для бутадиена-1,3, исходя из основных параметров технологического процесса: нагрузки сырьевого потока, содержания бутадиена-1,3, и примесей в перерабатываемом сырье, а также марки выработываемого бутадиена.

Ключевые слова: бутадиен-1,3; бутилен-бутадиеновая фракция; бутилен-изобутиленовая фракция; гидрирование; медно-аммиачный раствор ацетата закиси меди; производство бутадиена; расходный коэффициент; ректификация; хемосорбция.

Одним из промышленных способов получения бутадиена-1,3 (бутадиена) является выделение его из C₄ фракции пиролиза углеводородов — бутилен-бутадиеновой фракцией

Involvement of butadiene-1,3 production C₄ fractions from different manufacturers with a low content of butadiene and an increased content of light and heavy components, in comparison with the pyrolysis fraction of BBF, leads to an increase in the consumption coefficient of butadiene-1,3. A software product has been developed in order to predict the value of the consumption factor when using different quality raw materials for the production of butadiene-1,3 brand A and grade B. The software package allows to calculate the consumption ratio of butadiene-1,3 based on the main parameters of the technological process: the load of the feed stream, the content of butadiene-1,3, impurities in the processed raw materials and the brand of produced butadiene.

Key words: butadiene-1,3; butylene-butadiene fraction; butylene-isobutylene fraction; chemisorption; consumption factor; copper-ammoniacal solution of cuprous oxide acetate; hydrogenation; production of butadiene; rectification.

(ББФ) методом хемосорбции. В зависимости от температурного режима пиролиза содержание бутадиена во фракции ББФ изменяется от 35 до 55 % мас. В связи с недостаточным количеством ББФ на рынке сырья, в производство бутадиена также вовлекаются другие бутади-

Дата поступления 13.06.18

енсодержащие фракции с меньшим содержанием бутадиена и содержанием микропримесей, превышающим нормируемые для ББФ значения ¹. Изменение состава сырья и содержащихся в нем примесей отражается на технологических параметрах процесса и, в итоге, на расходном коэффициенте получения бутадиена по сравнению с периодом применения сырья стабильного качества. Поэтому компьютерное моделирование ² и разработка программного комплекса расчета планового расходного коэффициента и фактических значений при выделении бутадиена из сырья разного качества является актуальной задачей.

Целью данной работы явилась разработка программного комплекса, позволяющего производить расчет планового и фактического расходного коэффициента бутадиена из сырьевого потока фракции ББФ в зависимости от содержания в нем бутадиена и ацетиленовых углеводородов и марки получаемого бутадиена – марки А или марки Б.

Материалы и методы исследования

Расчетным расходным коэффициентом при выделении бутадиена из ББФ (P) считается отношение количества бутадиена в поступающем углеводородном сырье на технологической стадии процесса к количеству бутадиена в выходящем целевом потоке: ректификации (P_1), гидрирования (P_2), хемосорбции (P_3). В целом при производстве бутадиена суммарный расходный коэффициент P_{Σ} равен произведению расходных коэффициентов в каждой технологической стадии производства:

$$P_{\Sigma} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

Расходный коэффициент по стадиям P_1 , P_2 , P_3 рассчитывали как отношение бутадиена на выходе к поступающему бутадиену на рассматриваемой стадии:

$$P = \frac{C''_{\text{бутадиен}} \cdot Q_{\text{вх}}}{C'_{\text{бутадиен}} \cdot Q_{\text{вых}}}, \quad \text{т/т}$$

где C' и C'' – содержание бутадиена в выходящем и входящем углеводородном потоке технологической стадии, соответственно, % мас.;

$Q_{\text{вых}}$, $Q_{\text{вх}}$ – расход углеводородной фракции выходящего и входящего углеводородного потока, т/ч.

Поступление на производство бутадиеносодержащего сырья с переменным составом отражается на ведении технологических режимов процесса и, соответственно, на расходном коэффициенте выделения бутадиена.

С целью прогнозирования значения расходного коэффициента при использовании сырья изменяющегося качества для производства бутадиена марки А и марки Б, разработан программный продукт для расчета расходного коэффициента. Для написания программы расчета расходного коэффициента был выбран язык программирования Python. Графический интерфейс был разработан с помощью PyQt5. Программный комплекс позволяет проводить расчет расходного коэффициента бутадиена исходя из содержания бутадиена в перерабатываемом сырье (бутадиеносодержащие фракции) и марки вырабатываемого бутадиена.

Обсуждение результатов

Технологическая цепочка производства бутадиена состоит из следующих стадий – технологических узлов ³:

- очистка ББФ методом ректификации от тяжелых углеводородов C_{5+} и легких углеводородов C_3 , влаги и метанола;

- очистка ББФ от ацетиленовых углеводородов (АУ) гидрированием на селективном катализаторе;

- выделение бутадиена из ББФ методом хемосорбции с использованием медно-аммиачного раствора (МАР) ацетата закиси меди.

Сырьевыми потоками могут являться пиролизная фракция ББФ, поток бутадиена-возврата после полимеризации, компримированные газы отдувок C_4 смежных нефтехимических производств и ряд других альтернативных бутадиеносодержащих фракций.

Распределение бутадиена, поступающего в составе фракции ББФ на узел ректификации от тяжелых углеводородов, коррелирует с содержанием ацетиленовых углеводородов (АУ) в сырьевом потоке таким образом, что увеличение содержания АУ в сырье требует производить откачки кубового продукта с большим расходом, и тогда вместе с этим потоком выводится больше бутадиена. Ввод в числовые поля данных по нагрузке, содержанию бутадиена и АУ в сырьевом потоке ББФ позволяет программному комплексу рассчитать значение расходного коэффициента на узле ректификации P_1 . Остаточное содержание этилацетилена в дистилляте колонны ректификации определяет режим работы узла гидрирования ББФ от АУ ³.

Расходный коэффициент P_2 на узле гидрирования определяется селективностью катализатора, содержанием АУ и температурой сырья. Гидрирование фракции ББФ на палладиевом катализаторе сопровождается побоч-

ным процессом дальнейшего гидрирования бутадиена в бутилен и бутан, в результате чего содержание бутадиена в ББФ снижается до 5.0% абс. Проведение на производстве бутадиена мероприятий по подбору селективного катализатора будет сопровождаться изменением величины потерь бутадиена и, соответственно, уравнение зависимости потерь бутадиена от содержания АУ, заложенное в основу программного комплекса, будет не актуальным. Тогда, в случае изменения селективности катализатора и технологического режима реакторов гидрирования, программный комплекс предусматривает корректирование коэффициентов, заложенных в уравнение зависимости нецелевых потерь бутадиена, от остаточного содержания АУ.

На стадиях ректификации ББФ от тяжелых углеводородов, азеотропной осушки от влаги в резервуарах с ББФ товарно-сырьевого парка, а также в процессе гидрирования в дистиллятах образуется избыточное содержание легких углеводородов, которые отводятся из системы в виде газов-отдувок. В расчетах расходного коэффициента бутадиена предусмотрен отвод газов-отдувок с этих технологических стадий и возврат их через узел компримирования.

Количество товарного бутадиена, выделяемого на узле хемосорбции, определяется его содержанием в поступающей фракции ББФ, выпускаемой маркой (А или Б) и остаточным содержанием бутадиена в бутилен-изобутиленовой фракции. В программном комплексе заложена система уравнений, позволяющая рассчитывать откачку бутадиена и фракции БИФ на основании значений нагрузки на систему хемосорбции и содержания бутадиена в ней. Результатом расчета является значение расходного коэффициента на стадии хемосорбции P_3 .

Отводимый с узла хемосорбции поток товарного бутадиена по технологической схеме поступает на стадию полимеризации. Не полимеризовавшийся бутадием в смеси с тяжелыми углеводородами возвращается в качестве рецикла на производство бутадиена. В расчетах программного комплекса этот рецикловый поток выступает в качестве сырьевого с точкой ввода на узел хемосорбции.

Ввод данных по нагрузкам и содержанию бутадиена и ацетиленовых углеводородов в сырьевых потоках технологических стадий ректификации, гидрирования, хемосорбции, компримирования и стабилизации в программном комплексе производится в двух режимах. Ввод данных при расчете планового расходно-

го коэффициента проводится исходя из планируемого объема закупок сырья известного качества, расчет расходного коэффициента при этом происходит на основании нормируемых значений по содержанию бутадиена на каждой технологической стадии. Ввод данных суточных значений по содержанию бутадиена осуществляется согласно плану аналитического контроля, данные по сырьевым нагрузкам вносятся в числовые поля, хронологически совпадающие с результатами анализа.

Результаты расчетов в режиме планового и суточного ввода данных выдаются как в табличной форме, так и в виде графической зависимости, как по точечным значениям, так и в форме усредненной линии тренда (рис. 1, 2).

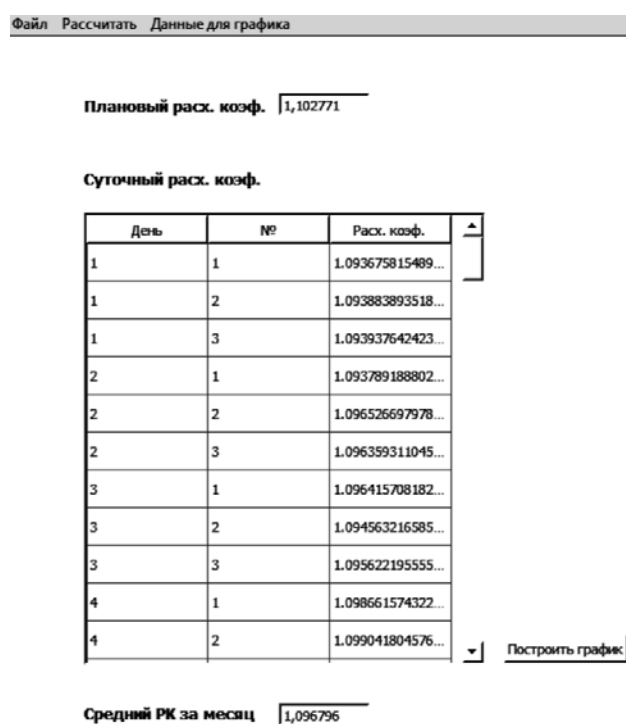


Рис. 1. Табличная форма предоставления результатов

Таким образом, разработанный программный комплекс расчета расходного коэффициента бутадиена, выделяемого из бутадиеносодержащих фракций методом хемосорбции, позволяет:

- производить расчеты расходного коэффициента, как для производства бутадиена, так и для его отдельных технологических стадий при составлении плановых норм на основе:

содержания бутадиена-1,3 и побочных продуктов в вовлекаемом углеводородном сырье;

данных по сырьевым потокам и откачкам углеводородных потоков;

качества вырабатываемой марки бутадиена-1,3;

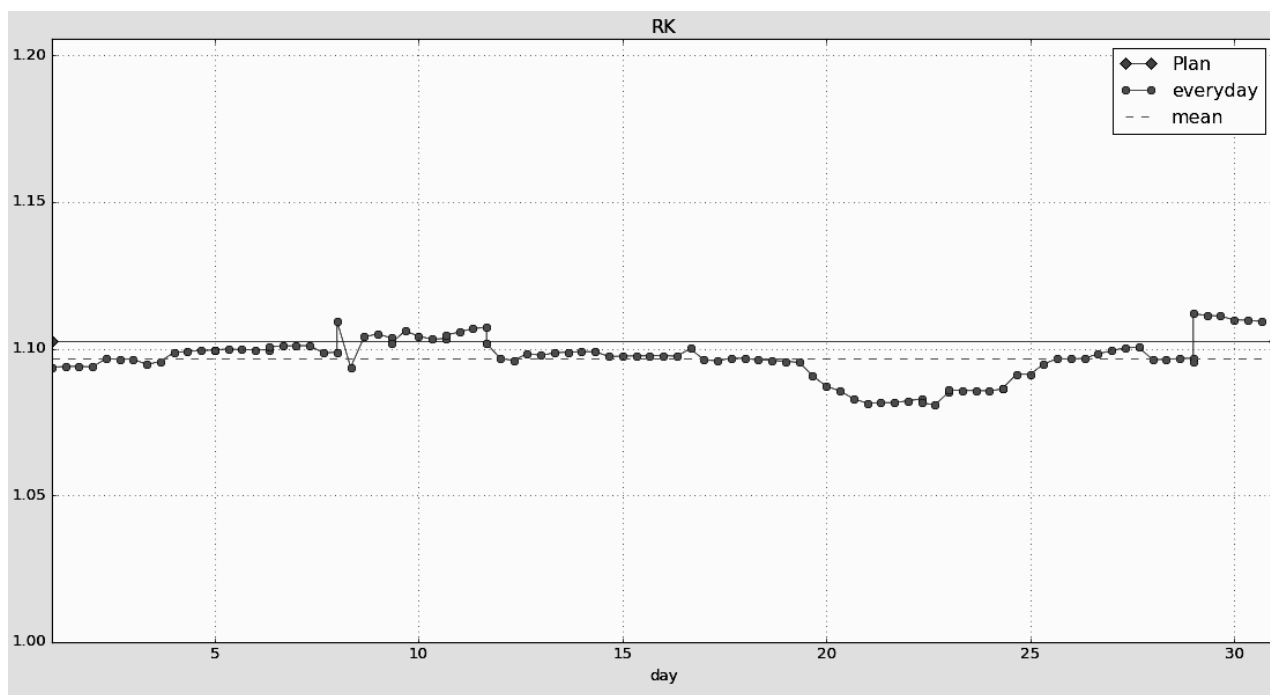


Рис. 2. Графическая форма предоставления результатов

- производить расчеты расходного коэффициента по фактическим значениям на основании результатов аналитического контроля и по на-

грузкам поступающих и откачиваемых на производстве бутадиена углеводородных потоков.

- производить расчет откаток товарного бутадиена и бутилен-изобутиленовой фракции.

Литература

1. Насыров И.Ш., Шурупов О.К., Шелудченко В.А., Захаров В.П., Умергалин Т.Г., Шевляков Ф.Б. Оценка влияния состава сырья и технологических параметров отдельных стадий выделения бутадиена-1,3 из бутилен-бутадиеновой фракции методом хемосорбции на расходный коэффициент бутадиена // Баш. хим. ж.— 2017.— Т.24, №4.— С.55-61.
2. Умергалин Т.Г., Исакова З.М. Компьютерное моделирование и оптимизация производственных технологических установок // Известия ЮФУ. Технические науки.— 2005.— №1(45).— С.43-44.
3. Кирпичников П.А., Береснев В.В., Попова Л.М. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука.— Л.: Химия, 1986.— 224 с.

References

1. Nasyrov I.Sh., Shurupov O.K., Sheludchenko V.A., Zakharov V.P., Umergalin T.G., Shevlyakov F.B. *Otsenka vliyaniya sostava syr'ya i tekhnologicheskikh parametrov ot del'nykh stadii vydeleniya butadiena-1,3 iz butilen-butadienovoi fraktsii metodom khemosorbtsii na rashodnyi koeffitsient butadiena* [Evaluation of influence of raw material composition and technological parameters of several stages of butadiene-1,3 extraction from butylene-butadiene fraction by the chemisorption method on the butadiene consumption coefficient]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal], 2017, vol.24, no.4, pp.55-61.
2. Umergalin T.G., Isakova Z.M. *Komp'yuternoe modelirovanie i optimizatsiya proizvodstvennykh tekhnologicheskikh ustanovok* [Computer modeling and optimization of production process units]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2005, no.1(45), pp.43-44.
3. Kirpichnikov P.A., Beresnev V.V., Popova L.M. *Al'bom tekhnologicheskikh skhem osnovnykh proizvodstv promyshlennosti sinteticheskogo kauchuka* [Album of technological schemes of the main industries of the synthetic rubber industry]. Leningrad, Khimiya, 1986, 224 p.