

Подоплелов Евгений Викторович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: uch_sovet@angtu.ru

Дементьев Анатолий Иванович,

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: dekan_tf@angtu.ru

Ткачева Евгения Сергеевна,

студентка гр. ТМмз-24-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

КИНЕТИКА И СЕЛЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА

Podoplelov E.V., Dementev A.I., Tkacheva E.S.

KINETICS AND SELECTIVITY OF THE ETHYLBENZENE DEHYDROGENATION PROCESS

Аннотация. В работе на основании экспериментальных данных различных исследователей выявлены параметры, оказывающие влияние на выход побочных продуктов в процессе дегидрирования этилбензола при производстве стирола, предложено новое смесительное устройство для реактора, позволяющее повысить качество смешения этилбензола с водяным паром и увеличить срок эксплуатации катализатора.

Ключевые слова: дегидрирование этилбензола, стирол, смесительное устройство, реактор, катализатор, селективность.

Abstract. Based on experimental data from various researchers, the parameters influencing the output of by-products during the dehydrogenation of ethylbenzene in the production of styrene were identified, and a new mixing device for the reactor was proposed, which makes it possible to improve the mixing quality of ethylbenzene with steam and increase the service life of the catalyst.

Keywords: dehydrogenation of ethylbenzene, styrene, mixing device, reactor, catalyst, selectivity.

Процессы дегидрирования имеют немаловажное значение в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности. Дегидрированием получают ненасыщенные соединения, представляющие большую ценность в качестве мономеров для производства синтетического каучука и пластических масс (бутадиен-1,3, изопрен, стирол), некоторые альдегиды и кетоны (формальдегид, ацетон, метилэтилкетон). Важнейшим продуктом-мономером, получаемым дегидрированием алкилароматических соединений, является стирол. Стирол применяется для получения полистирола, смол и пластификаторов. В России производство стирола осуществляется на пяти предприятиях, в том числе, и на установке цеха 126/127 Ангарского завода полимеров, введенной в эксплуатацию в 1974 году.

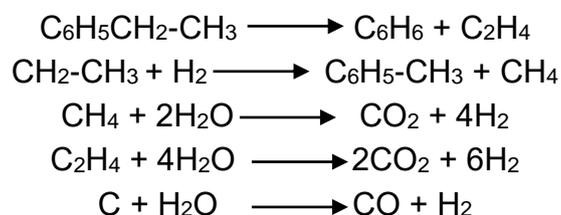
Для установки, эксплуатируемой столь продолжительное время, особенно важным является снижение издержек производства, а это невозможно без модернизации и реконструкции технологического оборудования. Постоянное усовершенствование процесса получения стирола каталитическим дегидрированием этилбензола является результатом применения все более активных ка-

тализаторов на стадии получения, а также модернизации стадий конденсации и ректификации [1]. Для увеличения масштабов выработки стирола требуется усовершенствование и улучшение технологического режима и аппаратурного оформления, применяемых в производстве.

Реакция дегидрирования протекает при температуре 550-630 °С в слое катализатора и зависит от его активности, которая снижается по мере работы. Метод получения стирола дегидрированием этилбензола осуществляется на катализаторе СТАЙРОМАКС 6 (сложная промотированная система на основе Fe₂O₃) в двухступенчатом адиабатическом реакторе с промежуточным подогревом контактного газа в присутствии водяного пара, как теплоносителя:



Кроме основной реакции протекает ряд побочных реакций с получением бензола, толуола, метана, этилена, а также тяжелокипящих:



Этилбензол при высокой температуре распадается по обратимой реакции на бензол и олефин, а выделяющийся при дегидрировании водород способствует гидрогенолизу с образованием ароматических углеводородов и парафинов.

За счет реакции дегидроциклизации получают также полициклические соединения (стильбены, фенантрены). Дальнейшая конденсация ведет к образованию кокса.

Процесс дегидрирования этилбензола протекает с увеличением объема. Снижение парциального давления углеводородов сдвигает равновесие в сторону образования конечного продукта - стирола - с одной стороны, и сокращает до минимума образование побочных продуктов с другой [2]. Поэтому в процессе дегидрирования для снижения парциальных давлений реагентов вместе с этилбензолом вводится водяной пар. Кроме этого, водяной пар непрерывно удаляет с катализатора углерод, образующийся в процессе реакции. Смешение паров этилбензола и водяного пара происходит в камере, расположенной в верхней части реактора (1) дегидрирования этилбензола (рисунок 1). Селективность дегидрирования этилбензола зависит от катализатора (его состояния), температуры, степени разбавления водяным паром и конверсии этилбензола [3]. Возможность повышения конверсии осуществляется за счет секционного подвода водяного пара: половину водяного пара вводят в первый слой катали-

затора, а оставшуюся часть во вторую секцию и за счет подогрева контактного газа между слоями катализатора.

Смесь паров этилбензола и водяного пара на входе в реактор 1-ой ступени (2) имеет температуру 550-630 °С. За счет эндотермического характера реакции температура контактного газа на выходе из первой ступени реактора снижается на 35-50 °С. Перед поступлением на вторую ступень реактора контактный газ подогревается в межступенчатом подогревателе (3) до 550-630 °С за счет тепла перегретого водяного пара. После межступенчатого подогревателя контактный газ поступает во вторую ступень (4) реактора. Из реактора выходит контактный газ, содержащий водяной пар, стирол, этилбензол, бензол, толуол и прочие примеси в незначительных количествах.

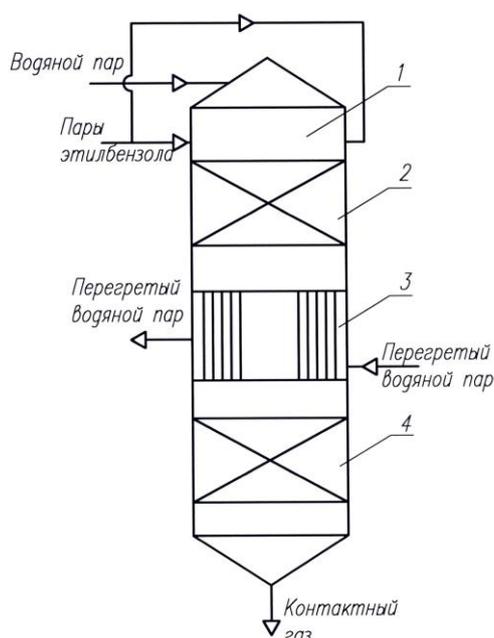


Рисунок 1 – Схема реактора дегидрирования этилбензола

С целью повышения качества смешения этилбензола с водяным паром, а также для увеличения срока эксплуатации катализатора, предлагается установить на входе реагентов в реактор новое смесительное устройство решетчатой конструкции из пересекающихся полос (рисунок 2). Корпус и смесительные элементы устройства изготавливаются из нержавеющей стали, а также могут быть изготовлены из полипропилена или тефлона. Для достижения высокой селективности и степени конверсии в процессе дегидрирования этилбензола в газовой фазе необходимы однородные распределения концентрации реагирующих компонентов и температуры во входящем в реактор потоке, а также плоский профиль скорости потока на входе в каталитический слой, что обеспечивается с помощью нового смесительного устройства. Длина смесителя определялась не только в соответствии с необходимой гомогенностью, но также с учетом

характеристик исходных потоков, отношением объемных расходов и различием плотностей реагентов, и по данным расчетов составила 500 мм.

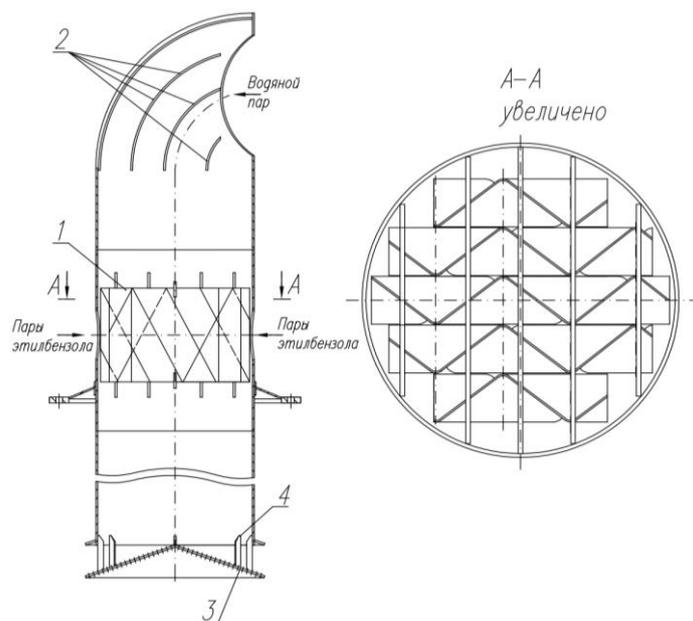


Рисунок 2 – Смесительная камера реактора дегидрирования этилбензола:
1 - смесительное устройство; 2 - отбойники; 3 - распределительный конус;
4 – ребра.

Процесс перемешивания в новом смесительном устройстве будет носить упорядоченный характер и определяться геометрической структурой периодически повторяющихся пересекающихся каналов, что позволит повысить эффективность процесса дегидрирования этилбензола, снизить выход побочных продуктов в реакторе и увеличить срок службы катализатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Подоплелов, Е.В.** Конструктивные особенности реакторов для проведения газожидкостных процессов / Е.В. Подоплелов, Г.А. Петрушин, А.Д. Петрушина // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2023. – № 17. – С. 99-103.

2. **Подвальный, С.Л.** Исследование изменения состава этилбензольной шихты в реакторе производства стирола с учетом парциальных давлений реагентов / С.Л. Подвальный, А.П. Попов, С.Г. Тихомиров, О.В. Карманов, О.Г. Неизвестный, Е.Н. Ковалева // Теоретические основы химической технологии. – 2020. – Т. 54. – № 6. – С. 775-783.

3. **Тимофеев В.С.** Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза / В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов. – Москва : Высшая школа, 2003, – 536 с.