

Ульянов Борис Александрович,

д.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: xtt-agta@yandex.ru

Фереферов Михаил Юрьевич,

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

e-mail: chtt@angtu.ru

Раскулова Татьяна Валентиновна,

д.х.н., заведующий кафедрой, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: raskulova@list.ru

ОЧИСТКА ХИМИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОДЫ ОТ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТИРОЛА

Ulyanov B.A., Fereferov M.U., Raskulova T.V.

PURIFICATION OF CHEMICALLY CONTAMINATED WASTEWATER OF AROMATIC COMPOUND IN PRODUCTION OF STYRENE

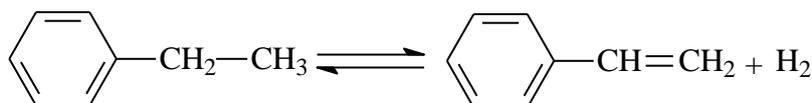
Аннотация. В статье представлены результаты обследования работы стадии охлаждения контактного газа и очистки химически загрязненных сточных вод установки получения стирола. Показано, что степень удаления органических веществ из воды в ряде случаев превышает технологические нормы. Предложены мероприятия по улучшению степени очистки сточных вод.

Ключевые слова: стирол, бензол, этилбензол, пенный аппарат, степень очистки.

Abstract. The article presents the results of a survey of the cooling stage of the contact gas and the treatment of chemically contaminated wastewater of the styrene production plant. It is shown that the degree of removal of organic substances from water in some cases exceeds technological standards. Measures to improve the degree of wastewater treatment are proposed.

Keywords: styrene, benzene, ethylbenzene, foaming apparatus, degree of purification.

В основе работы установки производства стирола (цех 126/127 АО «АЗП») лежит процесс каталитического дегидрирования этилбензола по реакции:



Реакция дегидрирования представляет собой обратимый эндотермический процесс ($\Delta H_{298}^0 \approx 110-118$ кДж/моль), протекающий с увеличением объема. Процесс проводится в присутствии катализатора на основе оксида железа (III), нанесенного на оксид хрома (III) [1]. Для повышения степени конверсии сырья, и, следовательно, выхода стирола, процесс проводят в присутствии водяного пара.

Контактный газ, отводимый из реактора дегидрирования этилбензольной шихты, представляет собой смесь непрореагировавшей этилбензольной шихты, стирола, бензола, толуола, продуктов конденсации и уплотнения, углеводородных газов и водорода. Он подвергается охлаждению, в результате чего про-

исходит конденсация как ароматических углеводородов, так и водяного пара. Поэтому перед ректификацией углеводородный конденсат отделяется от водного конденсата. Разделение проводят путем отстаивания, вследствие чего в состав водного конденсата частично переходят ароматические углеводороды и возникает задача очистки химически загрязненной воды от органических примесей.

Очистка химически загрязненной воды осуществляется в пенном аппарате диаметром 2,8 м (рисунок 1), который выполняет три функции: охлаждение контактного газа; очистку контактного газа от катализаторной пыли и отпарку углеводородов из химически загрязненной воды [2].

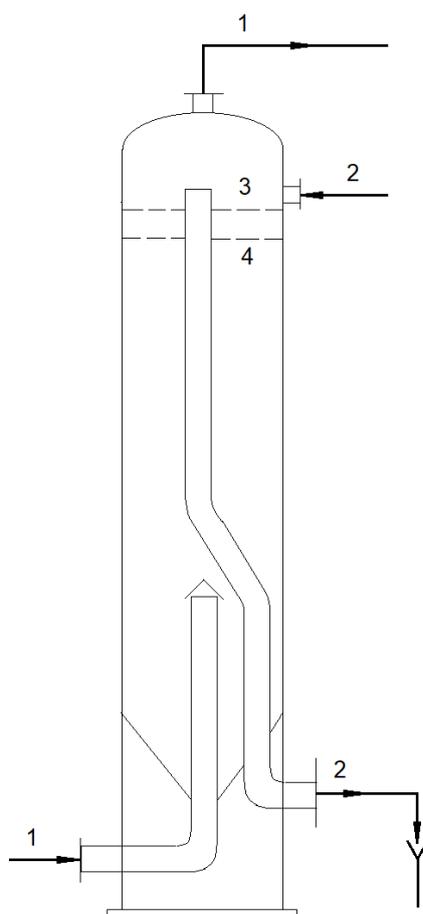


Рисунок 1 – Принципиальная схема пенного аппарата и схема движения потоков в аппарате: 1 – контактный газ; 2 – химически загрязненная вода; 3 – ситчатая тарелка (существующая); 4 – ситчатая тарелка (проектируемая)

Взаимодействие газа и жидкости осуществляется на ситчатой тарелке 3, которая собрана из перфорированных листов, выполненных из нержавеющей стали, с отверстиями диаметром 3,7 мм и шагом 12 мм.

Для оценки эффективности работы пенного аппарата по очистке химически загрязненной воды, поступающей в аппарат, был произведен опытный про-

бег установки получения стирола. При этом периодически фиксировались основные параметры технологического режима и были выполнены систематические анализы по определению содержания органических веществ в химически загрязненной воде на входе и выходе из аппарата.

По данным, полученным в результате опытного пробега, определена область устойчивой работы тарелки и характерные режимы ее работы, из которых следует, что существующая в пенном аппарате ситчатая тарелка эксплуатируется в области устойчивой работы, при этом допускается увеличение и уменьшение нагрузки пенного аппарата по газу и жидкости (рисунок 2) [3].

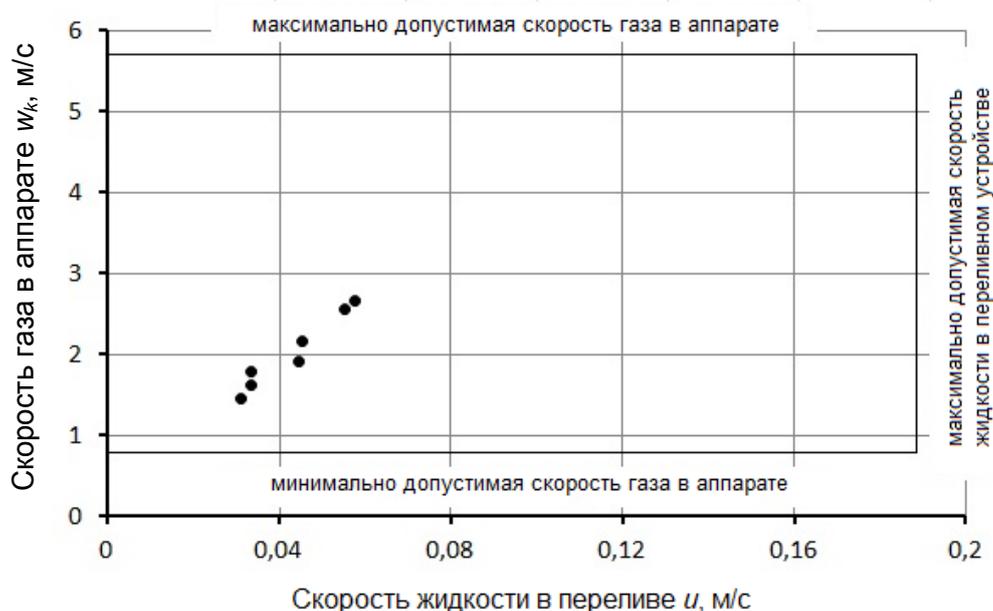


Рисунок 2 – Область устойчивой работы тарелки (точками отмечены характерные режимы работы)

Концентрации органических примесей в воде определялись методом газо-жидкостной хроматографии в цеховой лаборатории производства этилбензола и стирола Ангарского завода полимеров (цех 126/127 АО «АЗП»).

Эффективность очистки химически загрязненной воды по отдельным компонентам E_i определялась как отношение изменения их концентраций в аппарате на входе и выходе к концентрации на входе:

$$E_i = \frac{C_{ВХi} - C_{ВЫХi}}{C_{ВХi}} \cdot 100 \%$$

Например, эффективность очистки воды от бензола для опыта 1:

$$E_i = \frac{C_{ВХБ} - C_{ВЫХБ}}{C_{ВХБ}} \cdot 100 = \frac{13,8 - 0,4}{13,8} \cdot 100 = 97 \%$$

Далее были рассчитаны средние значения эффективности очистки для всей совокупности данных (рисунок 3).

Результаты анализов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание ароматических углеводородов в воде на входе и выходе аппарата

№ п/п	Анализ ХЗВ на входе, мг/л				Анализ ХЗВ на выходе, мг/л			
	бензол	толуол	этилбензол	стирол	бензол	толуол	этилбензол	стирол
1	13,89	4,87	26,05	40,68	0,4	0,2	1,9	3,55
2	26,97	28,09	78,5	135	0,22	0,64	8,88	23,5
3	5,45	9,5	50,0	121	0,08	3,62	0,021	9,86
4	30,2	9,94	41,91	52,8	0,74	0,43	3,55	8,06
5	82	33,8	196,2	262	1,4	1,3	25,4	39,5
6	78	27,4	166,8	162,7	2,1	1,4	26,0	35,3
7	15,4	6,6	40,8	59,1	7,8	3,1	42,4	79,8
8	132,2	83,5	398,8	506	5,7	49,5	270,3	353,7
9	57,2	28,6	124,0	136,2	12,4	11,4	66,0	84,8
10	57,8	23,5	86,0	87,3	5,0	3,4	35,7	40,5
11	75,6	27,3	98,5	105,7	4,7	3,1	36,4	51,8
12	60,4	32,6	192,3	297,6	0,9	0,9	12,2	13,9
13	87,7	37,9	189,1	211,6	21,1	18,6	111,8	140,7
14	75,2	29,4	170,5	215,9	8,0	2,4	55,9	67,0
15	75,7	25,7	119,37	149,8	6,0	7,2	66,0	89,4
16	46,7	17,7	79,0	127	1,0	0,7	9,7	14,1
17	30,1	20,6	112,2	138,2	1,3	1,1	16,2	25,0
18	41,5	17,3	84,6	132,1	0,8	0,7	9,7	18,4

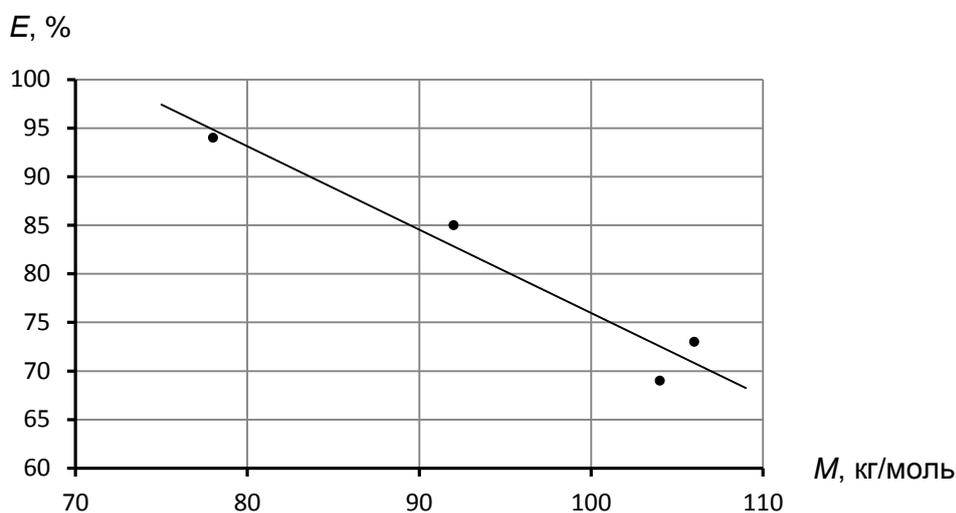


Рисунок 3 – Зависимость среднего значения эффективности очистки химически загрязненной воды от молярной массы компонентов

Как следует из рисунка 3, наибольшая эффективность наблюдается для легколетучего компонента бензола (молярная масса $M = 78$, нормальная температура кипения $t_{кип} = 80$ °С). Для менее летучих компонентов эффективность

очистки оказалась ниже. Для стирола и этилбензола она составляла около 70 %.

Эффективность очистки ХЗВ от органических веществ зависит от ряда факторов: от соотношения потоков газа и жидкости, от температуры взаимодействующих фаз, от экстенсивных факторов, связанных с увеличением размера зоны взаимодействия потоков.

Использовать первые два фактора в целях улучшения очистки химически загрязненной воды от примесей является проблематичным. Соотношение потоков газа и жидкости, которое оказывает большое влияние на процесс удаления примесей, приходится полагать величиной независимой. Трудно реализуемым на практике является и второй фактор – повышение температуры газа на входе в аппарат.

Увеличить размеры зоны взаимодействия газа и жидкости и тем самым улучшить эффективность очистки можно установив вторую контактную тарелку (рисунок 1). Организация двухступенчатого контакта газа и жидкости, безусловно, положительно скажется на отдувке примесей из химически загрязненной воды и приведет к снижению концентрации ароматических веществ в стоках.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы проведен анализ работы пенного аппарата, определены действительные скорости газа в сечении аппарата и скорости жидкости в переливном устройстве. Установлено, что контактное устройство аппарата эксплуатируется в области устойчивой работы, допускающей увеличение и уменьшение нагрузки по газу и жидкости. На основе систематических анализов содержания ароматических углеводородов определена эффективность очистки ХЗВ, которая зависит от летучести компонентов (молярной массы).

Средняя эффективность очистки газа от бензола составляет ~94 %; от толуола ~85 %; от стирола и этилбензола ~70 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1988. 592 с.
2. Андреев Е.И. Расчет тепло- и массообмена в контактных аппаратах. Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1985. 192 с.
3. Ульянов Б.А., Бадеников В.Я., Ликучев В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Ангарск: Изд-во АГТА, 2006. 741 с.