

Разработка высокоэффективной конструкции струйного реактора сернокислотного алкилирования

И.С. Гуданов, А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин, Д.С. Долгин

Ярославский государственный технический университет

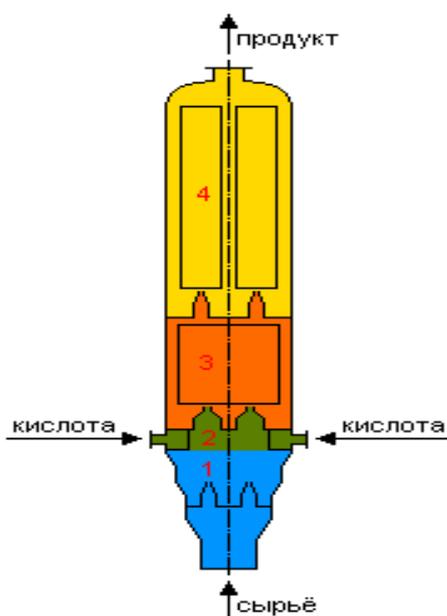
Аннотация: В статье рассматривается процесс сернокислотного алкилирования применяемого для получения высокооктановых бензинов, а также конструкции струйных реакторов их достоинства и недостатки. На основании существующих недостатков струйных реакторов предложена разработка новой высокоэффективной конструкции струйного реактора.

Ключевые слова: реактор, сернокислотное алкилирование, изоповерхности, изоконтур, бензин, фракции, струйный тип, промышленность, нефтепереработка

Процесс сернокислотного алкилирования применяется в нефтеперерабатывающей промышленности для производства высокооктановых компонентов авиационных и автомобильных бензинов и присутствует практически на всех современных нефтеперерабатывающих заводах [1-5].

В промышленных условиях в качестве сырья на данных установках применяют узкие фракции углеводородов, которые получают при переработке углеводородных газов крекинга, коксования или пиролиза – изобутан и олефины.

В настоящее время наиболее эффективными и простыми по конструкции являются реакторы струйного типа, где процесс взаимодействия реагентов происходит в турбулентных потоках [4-7]. На рис. 1 показана фотография действующего струйного реактора, установленного на Ярославском нефтеперерабатывающем заводе.



1 – зона диспергирования; 2 – зона эмульгирования; 3 – зона идеального смешения; 4 – зона идеального вытеснения

Рис. 1 — Внешний вид струйного реактора

Данный тип реакторов обладает высокой производительностью (до 35000 т/г по сырью), не содержит механических перемешивающих устройств, имеет малые затраты мощности на перемешивание, обеспечивает высокую концентрацию изобутана во всех функциональных зонах, позволяет увеличить срок службы катализатора по сравнению с другими типами реакторов. Продукты реакции после данного аппарата обладают низкой кислотностью и высоким октановым числом (98 по исследовательском методу).

Однако не смотря на многочисленные положительные стороны струйные реакторы обладают рядом существенных недостатков, сдерживающих их распространение. К ним относятся: низкое значение коэффициента эжекции (1,5-1,8), повышенное сопротивление сопловой решётки и тарелки диспергирования, наличие зон отрыва потока на входе и выходе из циркуляционной трубы, различное время пребывания компонентов (12-42 сек.) и малая интенсивность перемешивания [7-10].

Для решения данных проблем было предложено модернизировать конструкцию струйного реактора. Изменение конструкции осуществлялось на основе изучения работы существующих струйных реакторов, моделирования структуры потоков в их внутренних объемах и анализа опубликованных данных. Было предложено выполнить секционирование реактора в виде последовательно расположенных зон идеального смешения и вытеснения. Такая структура потоков будет обуславливаться большим количеством вихрей. Это позволит не только уменьшить потребный объем, но и повысить эффективность смешения.

Предлагаемый реактор алкилирования представляет собой секционный вертикальный стальной сварной аппарат объемного действия. Реактор состоит из четырех секций собираемых на фланцах: зона диспергирования и две зоны реакции. Корпус выполнен из стали 09Г2С-7 имеет высоту 7,9 м, переменный диаметр 700 и 1000 мм и толщину стенки 14 мм. Тарелки оснащены соплами увеличенной высоты, поддерживающими режим идеального вытеснения и качественного диспергирования. Зона эмульгирования также заканчивается тремя соплами, характеризующимися резким уменьшением площади пропускного сечения, а, следовательно, способностью создавать большой градиент скорости. Вихревые токи создаются в камере эмульгирования с помощью расположенных определенным образом пластин. Также мгновенному усреднению концентраций будет способствовать короткая циркуляционная труба. Во второй реакционной зоне, напротив создается режим идеального вытеснения благодаря трем циркуляционным трубам, у которых $L/d > 10$.

На рисунках 2 и 3 показаны изоконтурные скорости в поперечных сечениях реактора и изоповерхности скорости в реакторе соответственно.

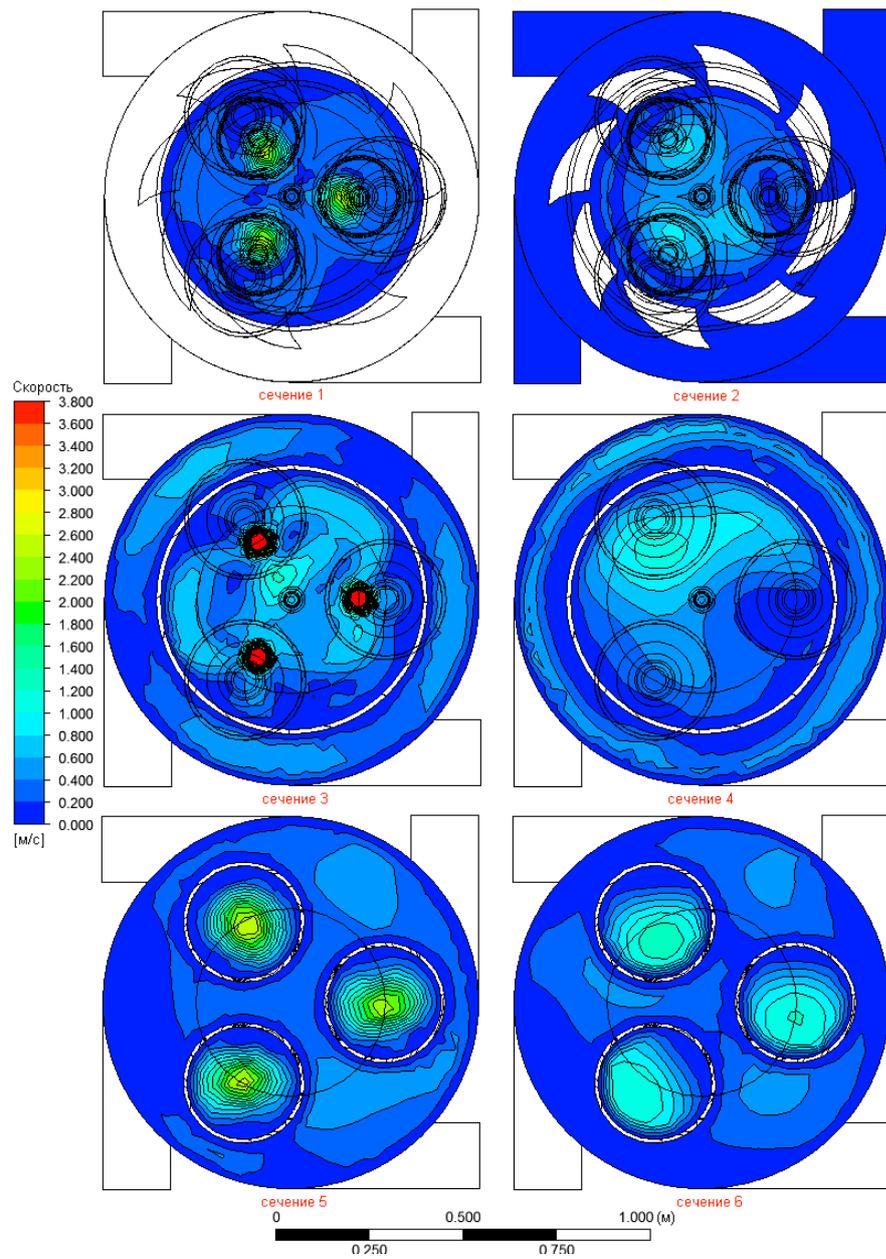
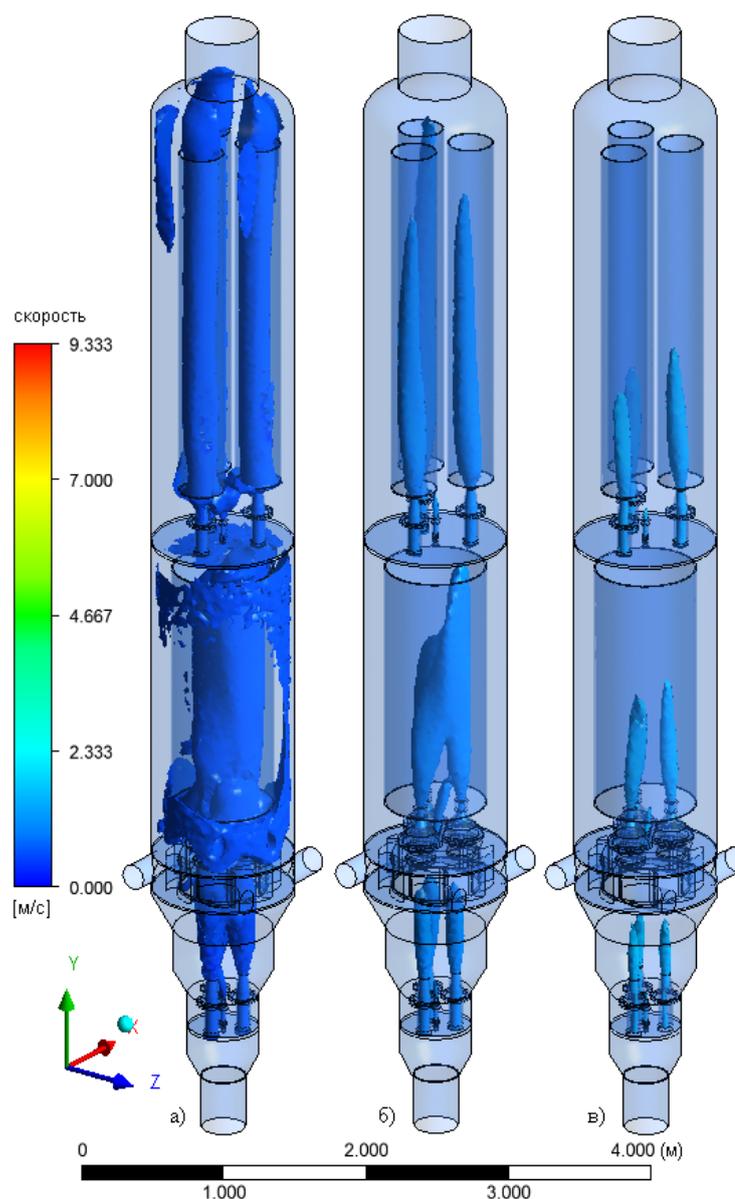


Рис. 2 - Изоконтурные скорости в поперечных сечениях реактора



а) 0,5 м/с; б) 1,0 м/с; в) 1,5 м/с

Рис. 3 - Исоповерхности скорости в реакторе

Создание вихревой камеры в реакторе алкилирования в качестве области идеального смешения предполагает заметное увеличение степени турбулизации потоков и как следствии рост производительности и качества получаемого алкилата. В новом реакторе увеличилась длина циркуляционных труб и объем реакционных зон, что позволило вовлекать в переработку все большее количество изопарафинов.

Используемые для диспергирования сопла получили большую длину узкой части, чтобы уменьшить угол распыла и по возможности выровнять скорость потока в поперечном сечении, приближая режим течения к поршневому движению. Это особенно актуально для второй реакционной зоны в циркуляционных трубах, которых должно наблюдаться активное вытеснение реагентов.

Литература

1. Козлов Б.И. Процессы алкилирования, изомеризации и полимеризации в нефтепереработке. – М.: Химия, 1990. – 65 с.
2. US 6166281 2000 / P.R. Anantaneni. Alkylation of benzene to from linear alkylbenzenes using fluorine-containing mordenites.
3. Chang T. // Oil Gas J. 2000. - V. 98. - № 35. - P. 17.
4. Миначев Х.М., Хаджиев С.Н., Байбурский В.Л. Опытная установка алкилирования изобутана олефинами на цеолитных катализаторах // Нефтепереработка и нефтехимия. 1984. № 6. С. 27–29.
5. Kapranova, A. B., Zaitzev A.I., Bushmelev A.V., Lebedev A.E. The optimization problem of the curvilinear blades from in the powder densification set-up. // CHISA 2006 : The 17-th Int. Congr. of Chem. Eng., Chem Equip., Desing and Automation. - Praha, Czech. Repablic, 2006. P. 1080.
6. Лебедев А.Е., Романова М.Н. Математическое описание дисперсных потоков неоднородных жидкостей // Инженерный вестник Дона, 2018, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5160.
7. Kapranova A. B., Lebedev A. E., Solopov S.A., Melzer A.M. The application process of the Ornstein-Ulenbek to the formation of cavitation bubbles // Czasopismo techniczne. Mechanika. – Krakov, Poland, 2016. – V. 113, № 2. – pp. 139-144.

8. Лебедев А. Е., Капранова А. Б., Мельцер А. М., Неклюдов С. В., Серов Е.М., Воронин Д.В. Конструктивные особенности новых регулирующих клапанов прямооточного типа // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4090.

9. Узбб О. // Алкилирование. Исследования и промышленное оформление процесса / Под редакцией Олбрайта Л.Ф. и Голдсби А.Р. М.: Химия, 1982. -С. 213-223.

10. Магарил Е. Р. Влияние качества моторных топлив на эксплуатационные и экологические характеристики автомобилей. - М.: КДУ, 2008. - 164 с.

References

1. Kozlov B.I. Processy alkilirovaniya, izomerizacii i polimerizacii v neftepererabotke. [Alkylation, isomerization and polymerization processes in oil refining] М.: Himija, 1990. 65 p.

2. US 6166281 2000 Anantaneni P.R. Alkylation of benzene to form linear alkylbenzenes using fluorine-containing mordenites.

3. Chang T. Oil Gas J. 2000. V. 98. № 35. P. 17.

4. Minachev H.M., Hadzhiev S.N., Bajburskij V.L. Neftepererabotka i neftehimija. 1984. № 6. pp. 27–29.

5. Капранова, А. Б., Zaitzev A.I., Bushmelev A.V., Lebedev A.E. CHISA 2006 : The 17-th Int. Congr. of Chem. Eng., Chem Equip., Desing and Automation. Praha, Czech. Republic, 2006. P 1080.

6. Lebedev, A. E., Romanova M.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5160.

7. Капранова А. Б., Lebedev A. E., Solopov S.A., Melzer A.M. Czasopismo techniczne. Mechanika. Krakov, Poland, 2016. V. 113, № 2. pp. 139-144.



8. Lebedev A. E., Kapranova A. B., Mel'cer A. M., Nekljudov S. V., Serov E.M., Voronin D.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017.

9. Ujebb O. Alkilirovanie. Issledovanija i promyshlennoe oformlenie processa. [Alkylation. Research and industrial design of the process]. Pod redakciej Olbrajta L.F. i Goldsbi A.R. M.: Himija, 1982. pp. 213-223.

10. Magaril E.R. Vlijanie kachestva motornyh topliv na jekspluatacionnye i jekologicheskie harakteristiki avtomobilej [The influence of the quality of motor fuels on the performance and environmental characteristics of cars]. M.: KDU, 2008. 164 p.