

Таблица 2. Адсорбция силикагелем КСКГ в динамическом и статическом режимах

Адсорбент	Соотношение ДФ : адсорбент	Динамический режим (t = 40 °С)			Статический режим (t = 25 °С)		
		τ, мин	Собщ, % масс.	φ, %	τ, мин	Собщ, % масс.	φ, %
КСКГ (d ₃ = 2,8–7,0)	3 : 1	0	1,049	0	0	1,049	0
		20	0,979	6,67	5	1,033	1,53
		40	0,952	9,25	10	1,02	2,76
		60	0,924	11,92	15	1,027	2,10
		80	0,898	14,39	20	1,028	2,00
		100	0,881	16,02	25	1,023	2,48
		120	0,874	16,68	30	1,008	3,91
		140	0,854	18,59	–	–	–
		160	0,858	18,21	–	–	–
		180	0,829	20,97	–	–	–

Список литературы

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>.
2. Камышиникова А. С. Адсорбционное удаление серосодержащих соединений из бензиновой

фракции в присутствии силикагеля, модифицированного карбоксилатами переходных металлов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. С. Камышиникова. – Астрахань: Астраханский ГТУ, 2022. – 20 с.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА

А. В. Антонов, В. А. Чузлов, Г. Ю. Назарова

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Ивашкина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, Томск, ava77@tpu.ru

Двухфазный поток газ-твердое вещество в регенераторе напрямую влияет на его производительность и степень восстановления активности катализатора.

Для описания гидродинамики двухфазного потока газ-твердое тело было использовано CFD моделирование в качестве инструмента для детального изучения и дальнейшей оптимизации регенератора. Метод вычислительной гидродинамики, примененный в данной работе, основан на уравнениях сохранения массы, импульса и энергии. Он позволяет исследовать гидродинамику и механизм переноса в двухфазном потоке газ-твердое тело с хорошей эффективностью и точностью [1].

В работе выполнено моделирование 3D геометрии регенератора, что позволило более детально учесть эффекты взаимодействия фаз.

Как показано на рисунке 1, при моделировании регенератор упрощен: отсутствуют шесть групп двухступенчатых циклонов используемых для доочистки дымовых газов и улавливания частиц катализатора; отсутствует распределительная решетка воздуха.

При моделировании учтены следующие химические реакции, протекающие при выжиге кокса:



Пред-экспоненциальные множители в уравнении Аррениуса определены решением обратной кинетической задачи, исходя из заводских данных по составу дымовых газов. Энергии ак-

тивации перечисленных реакций взяты из литературы [2].

Под влиянием низкотемпературного входного воздуха (433 K) температура в нижней части регенератора находится в диапазоне 836–903 K (рисунок 2). С увеличением высоты регенератора температура повышается из-за значительного выделения тепла при сжигании кокса. В разбавленной фазе частицы катализатора проявляют низкую концентрацию и хорошо диспергируются, что благоприятно для контакта газа с частицами и теплопередачи. Кроме того, происходит последующее сгорание монооксида углерода (рисунок 3) и выделение тепла. Следовательно, температура в разбавленной фазе на 20–40 K выше, чем в плотной фазе.

Таким образом, данное исследование углубляет понимание взаимодействия жидкости и твердого тела и гидродинамики в режиме турбулентного псевдооживления. С увеличением вычислительной мощности, CFD моделирование является надежным инструментом для описания гидродинамики, механизмов переноса тепла, массы и энергии в многофазных системах.



Рис. 1. Вычислительная сетка используемая в моделировании

Представленное исследование профинансировано Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 21-53-10004) и Королевским обществом (грант IEC\R2\202051).

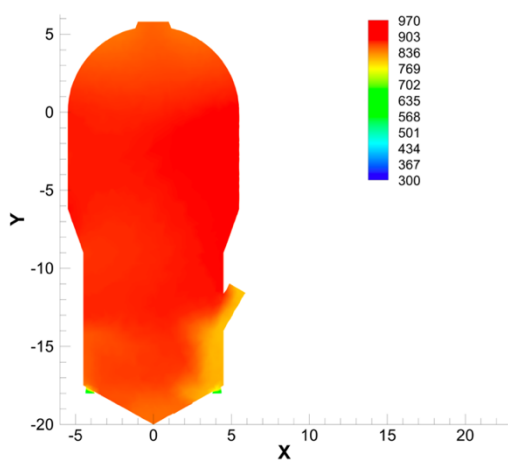


Рис. 2. Распределение температуры катализатора по объему аппарата

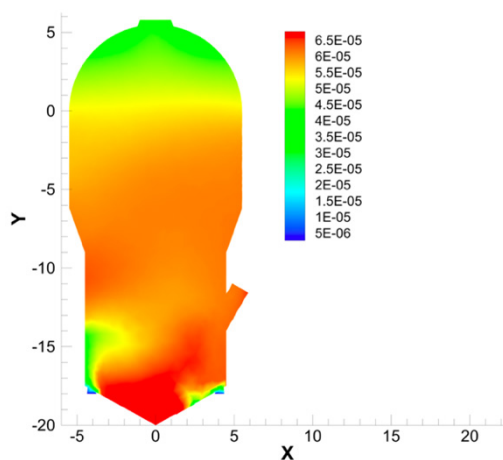


Рис. 3. Распределение доли CO в результате окисления кокса

Список литературы

1. Chang J. // *Computational Investigation of a turbulent Fluidized-bed FCC Regenerator. Ind. Eng. Chem. Res.*, 2013. – Vol. – 52. P. 4000–4010.
2. Kanervo J. M. // *Kinetics of Regeneration of a Cracking Catalyst Derived From TPO Measurements. Chem. Eng. Sci.*, 2001. – № 56. – Vol. 4. – P. 1221–1227.