

УДК 66.097.3-037.52  
3-143

Рецензенты:

д-р хим. наук, засл. работник высшей школы РФ  
профессор *В.И. Вершинин* (Омский гос. университет)

канд. хим. наук, ст. преп. *А.А. Дюсембаева*  
(Омский гос. университет)

д-р техн. наук, профессор *Е.Н. Ивашкина*  
(Томский политехн. университет)

**Загоруйко А.Н.**

3-143 Структурированные каталитические системы на основе стекловолоконистых катализаторов: монография / А.Н. Загоруйко, С.А. Лопатин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 207 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3720-9

Рассматривается новое поколение структурированных каталитических систем на основе стекловолоконистых катализаторов, отличающихся необычной геометрической структурой и высокой механической гибкостью, что открывает путь к разработке принципиально новых конструкций каталитических реакторов на их основе. Обсуждаются вопросы синтеза стекловолоконистых катализаторов, конструкций каталитических картриджей на их основе, описаны исследования их гидравлических и массообменных свойств. Приводятся примеры эффективного практического применения таких катализаторов и процессов на их основе для целей очистки отходящих газов от токсичных органических примесей и диоксида серы, кондиционирования дымовых газов ТЭЦ для снижения золопылевых выбросов, экологически чистого производства электрической и тепловой энергии.

Книга адресована научным сотрудникам, инженерам, студентам и аспирантам, специализирующимся в области катализа и инжиниринга каталитических процессов, а также специалистам в сфере защиты атмосферного воздуха, утилизации отходов и экологически безопасной энергетики.

УДК 66.097.3-037.52

ISBN 978-5-7782-3720-9

© Загоруйко А.Н., Лопатин С.А., 2018  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	7
Список сокращений .....	10
<b>1. История и перспективы разработки, исследований и практического применения катализаторов различных геометрических форм .....</b>	<b>11</b>
Традиционные формы катализаторов .....	12
Гранулированные катализаторы.....	13
Блочные монолитные катализаторы.....	16
Катализаторы на вспененных носителях .....	18
Катализаторы на гибких металлических носителях .....	18
<b>2. Стекловолоконистые катализаторы .....</b>	<b>23</b>
2.1. Общее описание .....	23
2.2. Методы синтеза стекловолоконистых катализаторов .....	25
2.3. Платиновый катализатор ИК-12-С111 .....	27
2.4. Медно-хромовый СВК для глубокого окисления органических соединений .....	37
2.5. Ванадий- и железоксидные катализаторы окисления сероводорода ..	46
2.6. Многослойный композитный материал с третичным слоем нановолокнистого углерода .....	54
<b>3. Основные способы организации слоев стекловолоконистых катализаторов.....</b>	<b>61</b>
3.1. Структурирование микроволокнистых катализаторов.....	61
3.2. Упаковки СВК с поперечным направлением движения реакционного потока .....	64
3.3. Упаковки СВК с продольным течением реакционного потока .....	67
3.3.1. Цилиндрические картриджи .....	67
3.3.2. Призматические картриджи.....	69
3.3.3. Армированные картриджи .....	73
3.4. Лемнискатные стекловолоконистые катализаторы .....	76



<b>4. Экспериментальное исследование перепада давления и массообмена в упаковках СВК.....</b>	<b>79</b>
4.1. Перечень и свойства исследуемых объектов.....	79
4.1.1. Экспериментальные каталитические картриджи СВК с гофрированными сетчатыми структурирующими элементами.....	80
4.1.2. Экспериментальные каталитические картриджи СВК на основе лемнискат.....	86
4.1.3. Экспериментальные каталитические картриджи СВК без гофрированных сетчатых структур между слоями стеклоткани.....	89
4.1.4. Сравнительные каталитические системы.....	90
4.2. Исследование гидравлического сопротивления в каталитических картриджах на основе стекловолоконистых катализаторов.....	94
4.2.1. Экспериментальная методика исследования гидравлического сопротивления в каталитических картриджах на основе стекловолоконистых катализаторов.....	94
4.2.2. Экспериментальные результаты, уравнения расчета перепада давления.....	95
4.2.3. Частичная анизотропия каталитических картриджей.....	99
4.3. Исследование массообмена в картриджах на основе стекловолоконистых катализаторов.....	102
4.3.1. Экспериментальная методика исследования массообмена.....	102
4.3.2. Экспериментальные результаты.....	106
4.3.3. Кинетика реакции окисления толуола на стекловолоконистых катализаторах.....	117
4.3.4. Внутридиффузионное торможение.....	119
4.3.5. О возможности транспорта реагентов внутри объема стекловолокна.....	121
4.3.6. Внешнедиффузионное торможение в картриджах стекловолоконистых катализаторов.....	125
4.4. Верификация результатов исследований.....	132
<b>5. Разработка промышленных и опытно-промышленных каталитических процессов на основе СВК.....</b>	<b>137</b>
5.1. Процессы на основе СВК для очистки газовых выбросов от токсичных органических соединений.....	137



5.1.1. Процесс окисления токсичных органических примесей в отходящих газах ОАО «Нижекамскнефтехим» .....	138
5.1.2. Процесс очистки и охлаждения выхлопов стационарных аварийных дизель-генераторов на основе СВК .....	142
5.2. Процессы экологически чистого сжигания топлив на основе СВК .....	153
5.2.1. Процесс сжигания топлив в аппаратах с кипящими слоями теплоносителя на основе армированных картриджей СВК .....	154
5.2.2. Каталитический воздухонагреватель на основе СВК .....	156
5.3. Процессы окисления диоксида серы на основе СВК .....	159
5.3.1. Процессы окисления $SO_2$ в производстве серной кислоты .....	159
5.3.2. Реверс-процесс переработки отходящих металлургических газов, содержащих $CO$ и $SO_2$ .....	163
5.3.3. Кондиционирование дымовых газов ТЭЦ .....	169
Заключение .....	176
Библиографический список .....	178