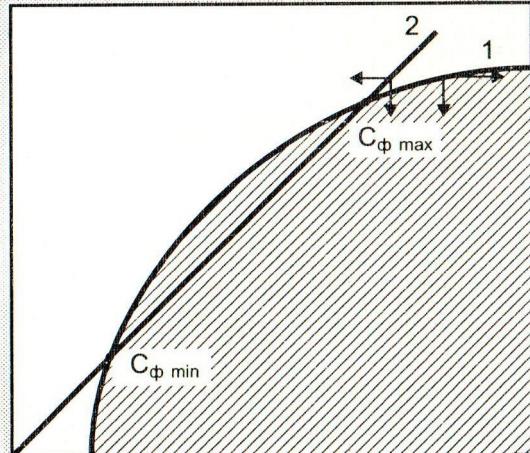


М.А. ГЛИКИН

ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ



М.А. ГЛИКИН

ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ

КИЕВ — 2000

## *Содержание*

**ББК 35.11**  
**Г 54**  
**УДК 614.838.001+661.012.4**

*Печатается по постановлению Научно-технического Совета  
Государственного научно-исследовательского и проектного  
института химических технологий "ХИМТЕХНОЛОГИЯ"*

Гликин М.А.  
**ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ** — 392 с;  
105 табл., 107 рис., список литературы 306 ссылок.

Изложенный в книге материал — обобщение теоретических разработок, экспериментальных исследований и промышленной практики.

Впервые проведено комплексное рассмотрение влияния факторов, обеспечивающих управление технологическим процессом: состава, давления и температуры рабочей смеси; теплоотвода; катализа; последовательности технологических операций и др. одновременно на кинетику любой стадии и процесс в целом и область и кинетику горения. Такой подход позволяет выбрать параметры производства и оборудование, обеспечивающие рост скорости и селективности химических реакций и процессов тепло- и массообмена при одновременном повышении взрывобезопасности.

На примере многих каталитических и некаталитических, газо- и жидкофазных, реализованных в промышленности и вновь разрабатываемых технологических процессов (окисления, винилирования, компримирования, тепло- и массопередачи) показано, что применение нового, комплексного подхода позволяет создавать процессы с высокими экономической эффективностью и взрывобезопасностью.

Книга рассчитана на ученых, проектировщиков и инженерно-технических работников предприятий: технологов, механиков, специалистов по управлению и безопасности промышленных объектов, а также преподавателей и студентов химико-технологических специальностей.

ISBN 966-95741-1-0

© М.А. Гликин, 2000

## **СОДЕРЖАНИЕ**

От автора .....	11
Условные обозначения .....	13

### **Глава 1. ВВЕДЕНИЕ**

1.1. Основные направления развития химической технологии .....	15
1.2. Оптимизация технологической схемы и взрывобезопасность .....	16
1.2.1. Анализ промышленной практики: взрывобезопасность режима синтеза, процесса и оборудования .....	20
1.2.2. Характеристика уровня и пути совершенствования взрывобезопасности .....	38
1.2.3. Основные взрывоопасные стадии процессов окисления и винилирования и возможные режимы горения .....	43
1.3. Оптимизация отдельных аппаратов, машин и взрывобезопасность .....	55
1.4. Наука о горении и промышленная практика .....	58

### **Глава 2. ГОРЕНIE ГАЗОПАРОВЫХ СИСТЕМ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭТУ ПРОЦЕСС**

2.1. Терминология .....	61
2.2. Основные явления горения (качественное описание) .....	64
2.3. Основные процессы горения (качественное описание) .....	66
2.4. Некоторые сведения из химической термодинамики ..	70
2.5. Некоторые сведения из химической кинетики .....	75
2.6. Сведения о механизмах реакций .....	82
2.7. Оптимизация технологии .....	90
2.8. Сведения из теории горения (количественное описание) .....	91
2.8.1. Общие положения .....	91
2.8.2. Пределы взрываемости .....	103

## *Содержание*

2.8.3.	Распространение пламени в закрытых объемах .....	108
2.8.4.	Влияние давления, температуры, состава смеси на распространение пламени .....	112
2.8.5.	Влияние внешних условий на самовоспламенение ....	116
2.8.6.	Распространение пламени в трубопроводе .....	124
2.8.7.	Дetonация .....	127
2.8.8.	Локализация пламени .....	129

## **Глава 3. ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬЮ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

3.1.	Характеристика современного уровня и пути повышения эффективности производств .....	131
3.2.	Влияние внешних факторов на химические превращения и горение .....	136
3.2.1.	Газофазные процессы	
	— управление скоростью целевой реакции при работе со смесями, находящимися вне области взрываемости ..	136
	— изменение взрывобезопасности технологической смеси по мере протекания химических реакций ..	143
	— о виде зависимости пожаро-взрывобезопасных параметров от внешних условий .....	147
	— управление областью распространения пламени ..	152
	— связь горючести веществ и материалов с элементным составом и строением .....	153
	— газофазные процессы с рабочей смесью, находящейся внутри области взрываемости .....	158
	— принципиальная с повышенной взрывобезопасностью технологическая схема узла синтеза из реагентов горючее — окислитель .....	161
	— принципиальная с повышенной взрывобезопасностью технологическая схема узла синтеза из способного к взрывному распаду реагента (ацетиlena) и флегматизатора .....	163

## *Содержание*

3.2.2.	Жидкофазные процессы	
	— взрывоопасность жидкофазных реакторов .....	164
	— технологическая с повышенной взрывобезопасностью схема узла синтеза без ограничения состава газофазных реагентов .....	169
	— технологическая с повышенной взрывобезопасностью схема синтеза с использованием способного к взрывному распаду газа .....	171
3.2.3.	Технология процессов массопередачи	
	— сушка от паров растворителя .....	173
	— обеспечение взрывобезопасности регулированием скорости испарения жидкости .....	175
	— сушка и пневмотранспорт аэрозолей .....	175
3.2.4.	Локализация пламени, распространяющегося по технологической аппаратуре и коммуникациям	
	— к выбору способа .....	178
	— взаимодействие пламени с насадкой огнепреградителя и пути совершенствования конструкций .....	178
	— выбор гасящего агента для систем подавления взрыва .....	180
	— жидкостные устройства для локализации пламени .....	181
3.2.5.	Снижение воздействия взрыва на оборудование	
	— обеспечение прочности технологического оборудования .....	183
	— сверхвысокие давления взрыва в технологическом оборудовании .....	183
	— технические решения, исключающие сверхвысокие давления .....	185
	— о применении мембран .....	185
3.2.6.	Методология определения технических решений при оптимизации процессов химической технологии .....	186

## Содержание

### Глава 4. РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОКИСЛЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬЮ

4.1.	Производство ацетилена окислительным пиролизом природного газа .....	195
4.1.1.	Анализ технологического процесса .....	195
4.1.2.	Верхний предел взываемости метано-кислородной смеси	
	— экспериментальные данные .....	196
	— состав и температура сырья .....	200
	— взрывоопасность рабочей смеси .....	200
4.1.3.	Область самовоспламенения метано-кислородной смеси	201
	— экспериментальные данные .....	201
	— влияние давления на самовоспламенение .....	208
	— особенности самовоспламенения в потоке .....	209
	— влияние катализа и теплоотвода на предпламенные реакции .....	209
	— теплоотвод как средство воздействия на самовоспламенение .....	213
4.1.4.	Рациональные конструкции смесителей и проверка их работоспособности .....	215
4.1.5.	Предпламенные реакции и процесс ацетиленообразования .....	217
4.1.6.	К вопросу безопасного компримирования газов пиролиза и комплексного производства ацетилен-метанол .....	218
4.1.7.	Закалка газов пиролиза	
	— термическая стойкость ацетилена и самовоспламенение газов пиролиза .....	220
	— технология и аппаратура высокотемпературной закалки .....	222
4.1.8.	Условия компримирования смеси ацетилена с “гомологами” .....	224

## Содержание

4.1.9.	Взрывоопасность системы N-метилширролидон — воздух .....	226
4.1.10.	К оптимальному технологическому и аппаратурному оформлению процесса .....	226
4.2.	Окислительное дегидрирование метанола .....	230
4.2.1.	Взрывоопасные свойства рабочих смесей .....	230
4.2.2.	Пути совершенствования процесса .....	232
4.3.	Интенсификация производства фталевого ангидрида .....	233
4.4.	Глубокое каталитическое окисление выбросов покрасочных камер .....	235
4.5.	Совершенствование установки по дефиксации оксидов азота .....	239
4.6.	Исключение сброса некондиционных газов при конверсии метана .....	241
4.7.	Кatalитические генераторы тепла и процессы на их основе .....	242
4.7.1.	Характеристика генератора .....	242
4.7.2.	Условия гомогенного горения в псевдоожженном слое инертного материала и катализатора .....	243
4.7.3.	Технологическая схема генератора .....	254
4.7.4.	Применение каталитического генератора тепла для глубокого окисления высококалорийных жидких промышленных выбросов .....	255
4.7.5.	Опытно-промышленный каталитический генератор тепла для глубокого окисления промышленных стоков .....	258
4.7.6.	Кatalитические генераторы тепла — процесс, реализованный внутри области взываемости .....	259
4.7.7.	Кatalитическое окисление высококалорийных газовых выбросов .....	260
4.8.	Ограничения, накладываемые на процесс применением критической порозности, и возможные новые технические решения обеспечения взрывобезопасности .....	261

## *Содержание*

4.9.	Аэрозольный катализ — новое направление в осуществлении газофазных реакций .....	262
4.10.	Жидкофазные процессы окисления .....	271
4.10.1.	Совершенствование технологической схемы окисления ацетальдегида .....	271
4.10.2.	Жидкофазное окисление в среде уксусной кислоты ..	272
4.11.	Процессы массопередачи .....	275
4.11.1.	Вакуумная разгонка мазута .....	275
4.11.2.	Влияние органических веществ на выпарку и хранение аммиачной селитры .....	276
4.11.3.	Процессы сушки твердых и пылящих материалов и хранение жидкости .....	277
4.12.	Определение взрывоопасных свойств веществ .....	278
4.12.1.	Технологический процесс и взрывоопасные свойства веществ .....	278
4.12.2.	Влияние химического строения на взрывоопасные свойства веществ .....	279

## **Глава 5. РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИНТЕЗОВ НА ОСНОВЕ АЦЕТИЛЕНА С ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬЮ**

5.1.	Взрывное превращение ацетилена .....	282
5.1.1.	Кинетика взрывного превращения ацетилена .....	282
5.1.2.	Ингибирование (флегматизация) взрывного превращения ацетилена .....	285
5.1.3.	Самовоспламенение ацетилена .....	292
5.1.4.	Распространение пламени в аппаратах с псевдоожженным слоем .....	295
5.1.5.	Условия компримирования .....	296
5.2.	Синтез винилацетата .....	298
5.2.1.	Технология процесса .....	298
5.2.2.	Предел взрываемости рабочих смесей и технологические параметры синтеза .....	299

## *Содержание*

5.2.3.	Некоторые пути интенсификации синтеза винилацетата .....	302
5.2.4.	Винилирование уксусной кислоты .....	303
5.2.5.	Промышленные испытания синтеза винилацетата с повышенной объемной скоростью .....	306
5.2.6.	Лабораторные и опытно-промышленные исследования по синтезу с раздельной подачей реагентов .....	308
5.2.7.	Механизм снижения активности катализатора .....	311
5.2.8.	Разработка и опытно-промышленные испытания синтеза винилацетата с подпиткой катализатора активной солью .....	312
5.2.9.	Синтез винилацетата на прочном носителе .....	314
5.2.10.	Выбор давления синтеза .....	317
5.2.11.	Оптимальное место ввода в процесс свежего ацетилена и уксусной кислоты .....	319
5.2.12.	Рациональные режимы синтеза винилацетата .....	320
5.3.	Определение условий высокотемпературной конденсации ацетилена с циклонентадиеном .....	323
5.4.	Производство простых виниловых эфиров .....	325
5.4.1.	Синтез при повышенном давлении .....	325
5.4.2.	Получение винилбутилового эфира .....	327
5.5.	Синтез бутиндиола .....	327
5.6.	Карбонизированные (зауглероженные) минеральные сорбенты .....	328
5.6.1.	Разработка технологии карбонизации .....	328
5.6.2.	Структура и адсорбционные свойства карбонизированных материалов .....	331
5.6.3.	Использование карбонизированного силикагеля в качестве носителя для катализатора синтеза винилацетата и адсорбента оксидов азота .....	332

## *Содержание*

### **Глава 6. ПОВЫШЕНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ, В КОТОРЫХ ВОЗМОЖНО РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГОРЕНИЯ. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ**

6.1.	Огнепреградители для смеси горючее — окислитель .....	334
6.1.1.	Распространение пламени через огнепреградитель ...	334
6.1.2.	Процессы теплопередачи в огнепреградителе .....	337
6.1.3.	Огнепреградитель со встроенным тепловым элементом .....	339
6.2.	Огнепреградители для ацетиленопроводов .....	344
6.2.1.	Распространение пламени через огнепреградитель с сухой насадкой .....	344
6.2.2.	Режимы разложения ацетилена и локализация пламени огнепреградителями .....	345
6.2.3.	Сверхвысокие давления и условия их исключения ....	350
6.2.4.	Локализация пламени .....	352
6.2.5.	О целесообразности снижения эквивалентного диаметра насадки .....	355
6.2.6.	Свободные от насадки объемы огнепреградителя ....	355
6.2.7.	Повышение эффективности насадки .....	357
6.2.8.	О возможности исключения нестационарных режимов .....	358
6.2.9.	Снижение поджатия ацетилена в насадке .....	359
6.2.10.	Новые огнепреградители для ацетиленопроводов с давлением до $2 \cdot 10^5$ Па .....	361
6.2.11.	Создание и применение усовершенствованного огнепреградителя для ацетиленопроводов с давлением $21 \cdot 10^5$ Па .....	362
6.3.	Совершенствование гидрозатворов .....	364
	Литература .....	366