Федеральное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет"

На правах рукописи

05201350233

ДВОРЕЦКИЙ Дмитрий Станиславович

МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБКИХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ (на примере непрерывных и периодических процессов малотоннажных

химических производств)

Специальность 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий Специальность 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка

информации (химическая промышленность)

Том 1

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант: д.т.н., профессор А.Ф. Егоров

Тамбов 2012

-2-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Том 1

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ХТП, АППАРАТОВ И СИСТЕМ 16

1.1 Проблемы аппаратурно-технологического оформления энерго- и ресурсосберегающих малотоннажных химических производств 16

1.2 Основные понятия и общая характеристика процесса проектирования ХТП, аппаратов и систем 20

1.3 Методология, современные средства и методы проектирования ХТС и САУ ... 21

1.4 Управление процессом совместного проектирования ХТС и САУ 55

1.5 Формулирование проблемы и постановка задач исследования 56

ГЛАВА 2. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОФОРМЛЕНИЮ ЭНЕРГО- И РЕСУРСО СБЕРЕГАЮЩИХ ГИБКИХ ХТП 70

2.1. Формулировка задач оценки гибкости и статической оптимизации при интегрированном проектировании ХТС в условиях интервальной неопределенности исходных данных 70

2.2. Методы и алгоритмы решения одностадийных задач интегрированного проектирования ХТС 82

2.3. Методы и алгоритмы решения двухстадийных задач интегрированного проектирования ХТС с жесткими ограничениями 90

2.4. Методы и алгоритмы решения двухстадийных задач интегрированного

проектирования ХТС с мягкими и смешанными ограничениями 105

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2 113

ГЛАВА 3. МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ХТС j j 5

3.1 Стратегия интегрированного проектирования гибких автоматизированных ХТС в составе МХП 115

3.2 Структурная управляемость, наблюдаемость и устойчивость режимов функционирования ХТС 125

3.3 Постановка задач динамической оптимизации при интегрированном проектировании гибких ХТС. Методы и алгоритмы их решения 130

3.4 Основные подходы к выбору класса систем автоматического управления

ХТП на основе математического моделирования 148

-3-

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3 155

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ХТС НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 174

4.1 Экспериментальное исследование кинетики и математическое моделирование непрерывных процессов тонкого органического синтеза в производстве азопигментов 174

4.2 Экспериментальное исследование кинетики и математическое описание периодического процесса окислительной конденсации при синтезе сульфенамида М 234

4.3 Экспериментальное исследование кинетики и математическое моделирование непрерывного процесса метанолиза растительного масла в органическое биодизельное топливо 243

4.4 Экспериментальное исследование и математическое описание процесса обогащения воздуха кислородом методом короткоцикловой адсорбции 244

4.5 Математическое моделирование и основы теплового и прочностного расчетов технологической оснастки процессов СВС и формования твердосплавных материалов 271

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4 284

ГЛАВА 5. ИНТЕГРИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБКИХ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ХТП, АППАРАТОВ И СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ 286

5.1 Аппаратурно-технологическое оформление гибких непрерывных процессов тонкого органического синтеза в производстве азопигментов 286

5.2 Аппаратурно-технологическое оформление ресурсосберегающего периодического процесса синтеза сульфенамида М 358

5.3 Аппаратурно-технологическое оформление непрерывного процесса метанолиза растительного масла в органическое биодизельное топливо 363

5.4 Аппаратурно-технологическое оформление гибкого энергосберегающего процесса обогащения воздуха кислородом методом короткоцикловой адсорбции 3 64

5.5 Аппаратурно-технологическое оформление энергосберегающего процесса

СВС и формования твердосплавных материалов 368

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 392

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 396

к

-4-

Том 2 (приложения)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Современное состояние аппаратурно-технологического оформления и проектирования непрерывных и периодических процессов многоассортиментных малотоннажных химических производств 3

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Кинетика, математическое описание и аппаратурно¬технологическое оформление непрерывного процесса метанолиза растительного масла в органическое биодизельное топливо 86

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Синтез структуры многоассортиментного производства

- 136

дисперсных красителеи, оперативное планирование и управление производством

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ 153

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наосновесовременныхметодовсистемногоанализаматематическогоифизическогомоделированияполученыновыенаучныерезультатыдлятеорииинтегрированногопроектированияэнергоиресурсосберегающихгибкихпромышленныххимикотехнологическихпроцессоваппаратовисистемформирующихпредпосылкиэффективногоуправленияиавтоматизации

 РазработанаметодологиясистемапринциповспособоворганизацииипостроениятеоретическойипрактическойдеятельностиприинтегрированномпроектированиииформализованастратегияинтегрированногопроектированияпромышленныхэнергоиресурсосберегающихгибкихХТПоборудованияисистемавтоматическогоуправлениявусловияхинтервальнойнеопределенностифизикохимическихтехнологическихиэкономическихисходныхданныхРеализованамногоэтапнаяитерационнаяпроцедурарешениязадачинтегрированногопроектированиягибкихавтоматизированныхХТСпредусматривающаявыбортипарасчетконструктивныхпараметровирежимныхпеременныхаппаратурнотехнологическогооформленияХТСвыборклассаструктурыирасчетнастроечныхпараметровСАУопределениедопустимойобластиизмененияпараметровсырьятехнологическихпеременныхикоэффициентовматематическоймоделиХТСвпределахкоторойобеспечиваетсяоптимальноевсмыслебезопасностиэнергоиресурсосбереженияикачествавыпускаемойпродукциифункционированиеХТС

 РазработаныметодыиалгоритмырешениязадачстохастическойоптимизациисмягкимивероятностнымиисмешаннымиограничениямивозникающихприаппаратурнотехнологическомоформлениипромышленныхэнергоиресурсосберегающихгибкихавтоматизированныхХТСвусловияхнеопределенности ‘

 ОбоснованавозможностьпримененияметодааналитическогоконструированиярегуляторовпокритериюобобщеннойработыААКрасовскогодлярешениязадачиоптимальногоуправлениянестационарнымихимическимипроцессамиидоказанаихэффективностьнапримерепериодическогопроцессасинтезаускорителявулканизациисульфенамидаМ

 Проведеныэкспериментальныеисследованиякинетикиполученыкинетическиеуравненияиопределеныихкоэффициентывыявленыособенностикинетики

 процессовтонкогоорганическогосинтезаахимическихреакцийдиазотированияиазосочетаниявпроизводствеазопигментовалогоконцентрированноголакокрасочногоижелтогосветопрочногопротекающихвсмешаннойдиффузионнокинетическойобластибреакцииокислительнойконденсацииприсинтезеускорителявулканизациисульфенамидаМвпроизводствехимикатовдобавокдляполимерныхматериаловосуществленвыборнаиболеевероятногомеханизмареакцииокислительнойконденсациимеркаптобензтиазолаиморфолинаперекисьюводородавпроцессаметанолизасложныхэфировглицеринаивысшихкарбоновыхкислоттриацилглицериноврастительныхмаселприналоженииэлектромагнитногополяпротекающеговсмешаннойдиффузионнокинетическойобластиопределенфракционныйсоставметиловыхэфироврапсовогоподсолнечногоильняногомаселУстановленочтоврезультатетермодеструкцииполучаетсясмесьпредельныхинепредельныхуглеводородовкарбоновыхкислотнепрореагировавшихмонодии





триацилглицериноватакженеиндентифицированныхсоединенийВыявленнаиболеевероятныймеханизмтермическойдеструкциитриацилглицеринов

 процессаобогащениявоздухакислородомвэнергосберегающейустановкекороткоцикловойадсорбциипроизводительностьюСзадмЗсаэкспериментальноисследованыадсорбционныемеханическиеиаэродинамическиесвойстваблочныхцеолитовыхадсорбентовтипасцельюихиспользованиявустановкекороткоцикловойадсорбцииприобогащениивоздухакислородомприреализациипроцессакороткоцикловойадсорбцииобогащениякислородомвоздухавпродолжительныхиспытанияхсутокразрушенияблочногоадсорбентаиобразованияпылиненаблюдаетсямаксимальноесопротивлениепотокублокавысотойНмссЬммсоставляетДРПачтонанижепосравнениюсослоемшихтытойжевысотысммбконцентрациякислороданавыходеувеличиваетсявсреднемнаприсокращениидлительностициклатцсдоснаприувеличениивысотыслояадсорбентаНсдомидостигаетмаксимумапризначениикоэффициентаобратнойпромывкиравном

 Разработаныматематическиемодели

 статикиидинамикинепрерывныхпроцессовдиазотированияиазосочетанияучитывающиеособенностикинетикипроцессоврастворениятвердойфазыароматическогоаминаимеющегополидисперсныйсоставпридиазотированииикристаллизациипигментаалоголакокрасочногозакономерностиформированияколористическихифизикотехнологическихпоказателейпигментаалоголакокрасочноговзависимостиотсредыидругихусловийосуществленияпроцессаазосочетаниясвидетельстваобофициальнойрегистрациипрограммЭВМ№отг№отг

 периодическогопроцессаокислительнойконденсациимеркаптобензтиазолаиморфолинаперекисьюводородаприсинтезесульфенамидаМсучетомхимическихреакцийобразованияпобочныхпродуктовинеравномерностираспределенияперекисиводородапообъемуреакторасмешалкой

 непрерывногопроцессаметанолизасложныхэфировглицеринаивысшихкарбоновыхкислоттриацилглицериноврастительныхмасел

 нестационарныхтеплоимассообменныхпроцессовприобогащениивоздухакислородомпутемадсорбцииазотаизгазовоздушнойсмесисплошнымпористымцеолитовымадсорбентомсвидетельствоогосударственнойрегистрациипрограммыЭВМ№отг

 нестационарногопроцессатеплообменавпрессоснасткедляосуществленияСВСтвердосплавныхматериаловнаосноведисилицидамолибденасвидетельстваогосударственнойрегистрациипрограммЭВМ№№отг

 Сиспользованиемразработанныхметодовибыстродействующихалгоритмовоптимизациииоптимальногоуправлениявусловияхнеопределенностивыполненоинтегрированноепроектированиемалогабаритныхгибкихавтоматизированныхпромышленныхустановоксинтезаазопигментовихимикатовдобавокдляполимерныхматериаловспроектированымалогабаритныевысокопроизводительныеконструкциигибкихтурбулентныхтрубчатыхреакторныхустановоксдиффузорконфузорнымиустройствамитурбулентногоперемешиванияоснащенныхперспективнымисистемамиавтоматическогорегулированияиадаптивнойстатическойоптимизациигибкийавтоматизированныймодульосуществленияпериодическихнестационарныххимическихпроцессовопределеныобласти





изменениянеопределенныхпараметровсырьятехнологическихпеременныхикоэффициентовматематическоймоделиХТСвпределахкоторыхгибкиеавтоматизированныеустановкиобеспечиваюткачественноеибезопасноеосуществлениепроцессовтонкогоорганическогосинтезаРезультатыработырекомендованыипринятыкреализацииТамбовскимОАО“Пигмент”ОАО“НИИХИМПОЛИМЕР”гТамбовприреконструкциидействующихипроектированииновыхгибкихавтоматизированныххимическихпроизводствтонкогоорганическогосинтеза