

*Д.С. Дворецкий, Е.В. Пешкова**

СИНТЕЗ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ: СТРАТЕГИЯ, МЕТОДЫ, РЕАЛИЗАЦИЯ

Одним из наиболее эффективных путей решения проблемы повышения эффективности использования материальных и энергетических ресурсов производства и капитальных вложений является создание, внедрение и развитие гибких автоматизированных производств, в которых полностью или в значительной степени автоматизированы процессы: 1) планирования производства, комплектования технологических маршрутов и оптимизации расписания работы оборудования; 2) перехода с выпуска одного ассортимента на другой; 3) подготовки и подачи сырья в аппараты, упаковки и складирования готовых форм; 4) контроля и управления технологическими процессами; 5) диагностики аварийных ситуаций и выхода из них; 6) ремонта, очистки и подготовки к работе технологического оборудования; 7) монтажа и демонтажа оборудования.

Производство будем называть работоспособным (гибким), если на этапе эксплуатации условия его осуществления, задаваемые технологическим регламентом, выполняются независимо от случайного изменения неопределенных параметров в заданной области за счет соответствующего выбора на этапе проектирования векторов конструктивных параметров и управляющих воздействий или соответствующей подстройки управляющих воздействий на этапе эксплуатации производства. Таким образом, гибкость производства в статике и динамике определяется конструктивными и режимными переменными и

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.И. Дворецкого и при финансовой поддержке гранта Минобразования РФ.

обеспечивается за счет соответствующего выбора управляющих воздействий, реализуемых системой автоматического управления (САУ). При этом должен соблюдаться компромисс между вполне определенной избыточностью аппаратного оформления и его технического ресурса и риском потерь из-за невозможности производства востребованного ассортимента продукции или низкой рентабельности производства. Такое свойство объекта должно закладываться при интегрированном проектировании, включающем совместный синтез технологических процессов, аппаратов и САУ.

В соответствии с разработанной нами методологией интегрированного проектирования итерационно решаются три основные задачи: 1) генерирование альтернативных вариантов производства, удовлетворяющих условиям гибкости в жесткой и/или мягкой форме; 2) выбор альтернативных классов и структур систем автоматического управления производством, удовлетворяющих условиям структурной наблюдаемости и управляемости производства с заданными динамическими свойствами по каналам управления; 3) решение одно- или двухэтапной задач оптимизации конструктивных и режимных (управляющих) переменных комплекса "производство – САУ" в условиях неопределенности по векторному критерию, включающему показатели качества производимой продукции, энерго- и ресурсосбережения, а также технико-экономические показатели производства.

ДЛЯ ФОРМУЛИРОВКИ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ НЕОБХОДИМО ЗАДАТЬ ФОРМУ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ И ОПРЕДЕЛИТЬ ОГРАНИЧЕНИЯ. ПРИ ЭТОМ ВОЗМОЖНЫ СЛЕДУЮЩИЕ СЛУЧАИ.

СЛУЧАЙ 1. НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХТП ОБЛАСТЬ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТА ЖЕ, ЧТО И НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

СЛУЧАЙ 2. НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОГУТ БЫТЬ ОПРЕДЕЛЕНЫ В КАЖДЫЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ И УПРАВЛЯЮЩИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ.

СЛУЧАЙ 3. ВЕКТОР НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СОСТОИТ ИЗ ДВУХ ПОДВЕКТОРОВ. В ПЕРВЫЙ ПОДВЕКТОР ВХОДЯТ ПАРАМЕТРЫ, КОТОРЫЕ МОГУТ БЫТЬ ИДЕНТИФИЦИРОВАНЫ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХТП, А ВО ВТОРОЙ ПОДВЕКТОР – ПАРАМЕТРЫ, ИМЕЮЩИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕ ЖЕ, ЧТО И НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА СИНТЕЗА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЖЕТ БЫТЬ СФОРМУЛИРОВАНА С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ ИНФОРМАЦИИ О ПРОИЗВОДСТВЕ, ДОСТУПНОЙ НА ЭТАПЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ. КАЖДОЕ РЕШЕНИЕ ДАЕТ ОПТИМАЛЬНЫЙ ВАРИАНТ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ДАННОГО УРОВНЯ ИНФОРМАЦИИ. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ПРИ СИНТЕЗЕ НУЖНО УЧИТЫВАТЬ, ЧТО САМО ПОЛУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ СВЯЗАНО С ОПРЕДЕЛЕННЫМИ ЗАТРАТАМИ. РАЗРАБОТКА БОЛЕЕ ТОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ, УСТАНОВКА НОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЫШАЮТ УРОВЕНЬ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПРОИЗВОДСТВЕ, НО ТРЕБУЮТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ. ПРИ ЭТОМ ВОЗНИКАЕТ ВАЖНАЯ ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО (ИЛИ РАЗУМНОГО) УРОВНЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ СИНТЕЗА ПРОИЗВОДСТВА.

Оценка эффективности функционирования гибкого автоматизированного производства проводится методом имитационного моделирования и попарного сравнения альтернативных вариантов по векторному критерию. В качестве составляющих векторного критерия использовали: капитальные затраты, удельную стоимость сырья, материалов и покупных полуфабрикатов (критерий ресурсосбережения); удельные затраты на энергоносители (критерий энергосбережения); индекс гибкости производства; регулируемость по каналам управления качеством выпускаемой продукции.

В качестве примера реализации нашей методологии, методов и алгоритмов интегрированного проектирования решается задача синтеза реакторного отделения гибкого автоматизированного непрерывного производства азокрасителей (алого концентрированного, лакокрасочного и желтого светопрозрачного), обеспечивающее безопасное и качественное осуществление процессов тонкого органического синтеза с высоким уровнем энерго- и ресурсосбережения и экологической чистоты. В качестве аппаратного оформления процессов тонкого органического синтеза использовали оригинальные конструкции малогабаритных высокопроизводительных турбулентных трубчатых реакто-

ров с устройствами турбулизации потока диффузор-конфузорного типа, а в качестве класса САУ экономически целесообразным оказался класс системы автоматической стабилизации с оптимальными заданиями регуляторам (рис. 1).

Система автоматической стабилизации режимных переменных реакторного отделения непрерывного производства азопигментов включает следующие контуры: регулирование соотношения расходов суспензии амина и нитрита натрия с коррекцией по содержанию диазотирующего агента в диазорастворе (датчики FE 1, FE 4, QE 7; регуляторы FC 2, FF 5, QC 8; и регулирующие клапаны V3, V6); регулирование pH -среды в 1-ой и 2-ой зоне реактора азосочетания (датчики QE 9, QE 12, QE 15; регуляторы QC 10, QC 13 и регулирующие клапаны V 11, V 14); регулирование соотношения расходов диазосоединения и 2-нафтолята в 1-ю и 2-ю зоны реактора азосочетания с коррекцией по концентрации 2-нафтолята в 1-ой и 2-ой зонах реактора азосочетания (1-зона – датчики FE 16, FE 17, QE 20; регуляторы FF 18, QC 21 и

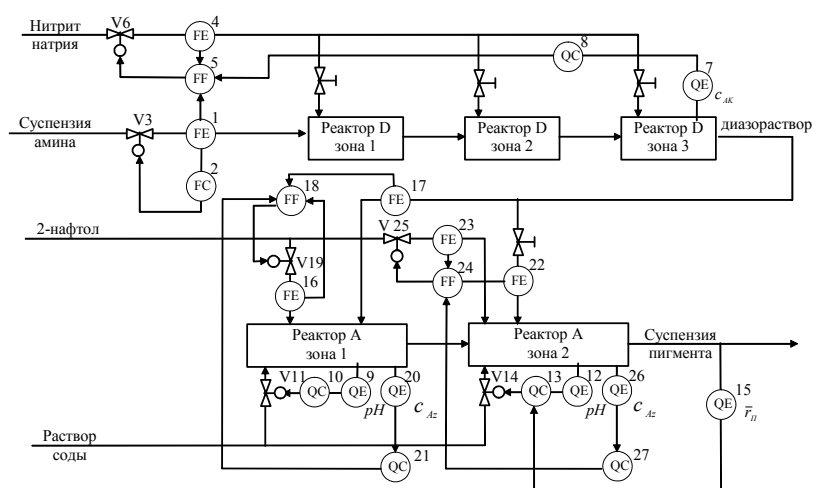


РИС. 1 АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕАКТОРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ производства азопигментов

регулирующий клапан V 19; 2-зона датчики FE 22, FE 23, QE 26; регуляторы FF 24, QC 27 и регулирующий клапан V 25).

Необходимость распределения подачи азосоставляющей (2-нафтолята) по зонам реактора азосочетания объясняется тем, что диазосоединение и азосоставляющая реагируют между собой в эквимольных соотношениях.

Подача всего количества азосоставляющей в 1-ю зону реактора азосочетания приводит к увеличению его размеров, а следовательно, к увеличению инерционности и, как следствие, к ухудшению качества регулирования по каналу "расход 2-нафтолята – концентрация 2-нафтолята" во 2-ой зоне реактора азосочетания. Распределение диазосоединения по зонам реактора азосочетания необходимо для предотвращения избытка диазосоединения в 1-ой зоне реактора азосочетания, что неблагоприятно сказывается на качестве азопигментов из-за разложения диазосоединения и образования диазосмол. Наконец, распределение подачи щелочного агента (раствора углекислого натрия) по зонам реактора дает возможность регулирования в широком диапазоне величины pH -среды, что необходимо для получения высококачественных красителей с разнообразными оттенками. В результате выполненного исследования разработаны практические рекомендации по целесообразности внедрения в анилинокрасочных производствах малогабаритных высокопроизводительных турбулентных трубчатых реакторов комбинированного типа и с устройствами турбулизации потока диффузор-конфузорного типа, обеспечивающие в сочетании с системой автоматического управления безопасное и качественное осуществление процессов тонкого органического синтеза с высоким уровнем энерго- и ресурсосбережения и экологической чистоты. Спроектированное нами гибкое автоматизированное производство азопигментов имеет следующие характеристики: диапазон производительности установки – от 100 до 5000 т/г по сухому красителю; 98...99 %, что на 2...3 % выше действующих периодических производств; снижение энергозатрат – примерно на 10...15 % и металлоемкости производства – в среднем на 20 %; повышение коэффициен-

та использования оборудования – на 30 %; сокращение сроков освоения новой продукции – в 2...3 раза; снижение потребности в обслуживающем персонале – на 30 % (за счет высокого уровня автоматизации производства). Гибкие производства подобного класса позволяют интегрировать на одной установке традиционные периодические, полунепрерывные и прогрессивные непрерывные процессы получения органических полупродуктов и красителей, осуществлять одновременно производство нескольких красителей и существенно сократить сроки переналадки и промывки технологического оборудования.

*Кафедры "Машины и аппараты химических производств",
"Технологическое оборудование и пищевые технологии"*