

Е.Ю. ЛАРИНА, Донецкий национальный технический университет

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСОМ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ ПРОЦЕСС ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРАЛИНОВОЙ СМЕСИ

*Приведен анализ систем управления процессом приготовления пралиновых смесей многодвигательным комплексом и предложен принцип построения оптимальной автоматизированной системы, обеспечивающий бесперебойную работу оборудования и исключающий загрязнение рабочего пространства.*

**Актуальность и постановка задачи.** Одним из наиболее сложных и распространенных видов объектов являются многодвигательные технологические комплексы приготовления высокооднородной смеси. В кондитерской промышленности такими являются комплексы для приготовления пралиновых масс - начинок для шоколадных конфет, вафель и тортов.

Достижение заданной производительности и исключение загрязнения рабочего пространства - основная и сложная задача систем автоматизации.

Для ее решения требуется эффективное использование оборудования, бесперебойная работа электропривода, высокая точность и быстродействие средств автоматизации, учет специфики взаимодействия объекта и системы, при которых обеспечивается исключение выбросов вредной пыли компонентов (сахарной пудры, какао-порошка и других) в процессе их дозирования и перемешивания.

Решить эту задачу можно путем использования конструкторских решений, приспособленных к автоматизации и обеспечения допустимых режимов работы асинхронных двигателей, как основных электрических машин в составе электропривода комплексов.

Для обеспечения экологической чистоты технологии приготовления пралиновых масс в значительной степени часть вредных выбросов может быть уменьшена с помощью бейтинговых защитных рукавов, устанавливаемых в местах соединений промежуточных передающих узлов оборудования.

Одновременно обеспечение экологически чистых технологий и заданного качества смеси требуют разработки интеллектуальных средств автоматизации и оптимальных алгоритмов управления.

При автоматизации многодвигательных технологических комплексов, в частности, рецептурных станций в кондитерской промышленности, возникают также проблемы, связанные с выходом из строя асинхронных двигателей (АД) и негативным влиянием этих факторов на работу, в целом, крупных цехов промышленных предприятий.

Многокомпонентность причин отклонений режимов работы АД от номинальных также определяет актуальность совершенствования автоматизированных систем контроля и управления оборудованием комплексов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время работами по созданию различных конструкций оборудования для комплексов приготовления высокооднородных смесей, а также систем управления и регулирования для них заняты многие организации ближнего и дальнего зарубежья [1].

Основными составными технологическими операциями, от которых зависит степень однородности многокомпонентных пралиновых смесей и ее соответствие требованиям ГОСТ, являются процессы дозирования и перемешивания, а исполнительными механизмами – АД. Известные методы решения задач дозирования и перемешивания можно классифицировать по трем основным признакам:

- совершенствование конструкций;
- совершенствование методов и средств измерений;
- совмещение функций.

Классификация используемых в настоящее время методов дозирования и перемешивания по указанным признакам приведена на рис.1.

Расшифровка особенностей приведена по мере нарастания их эффективности.

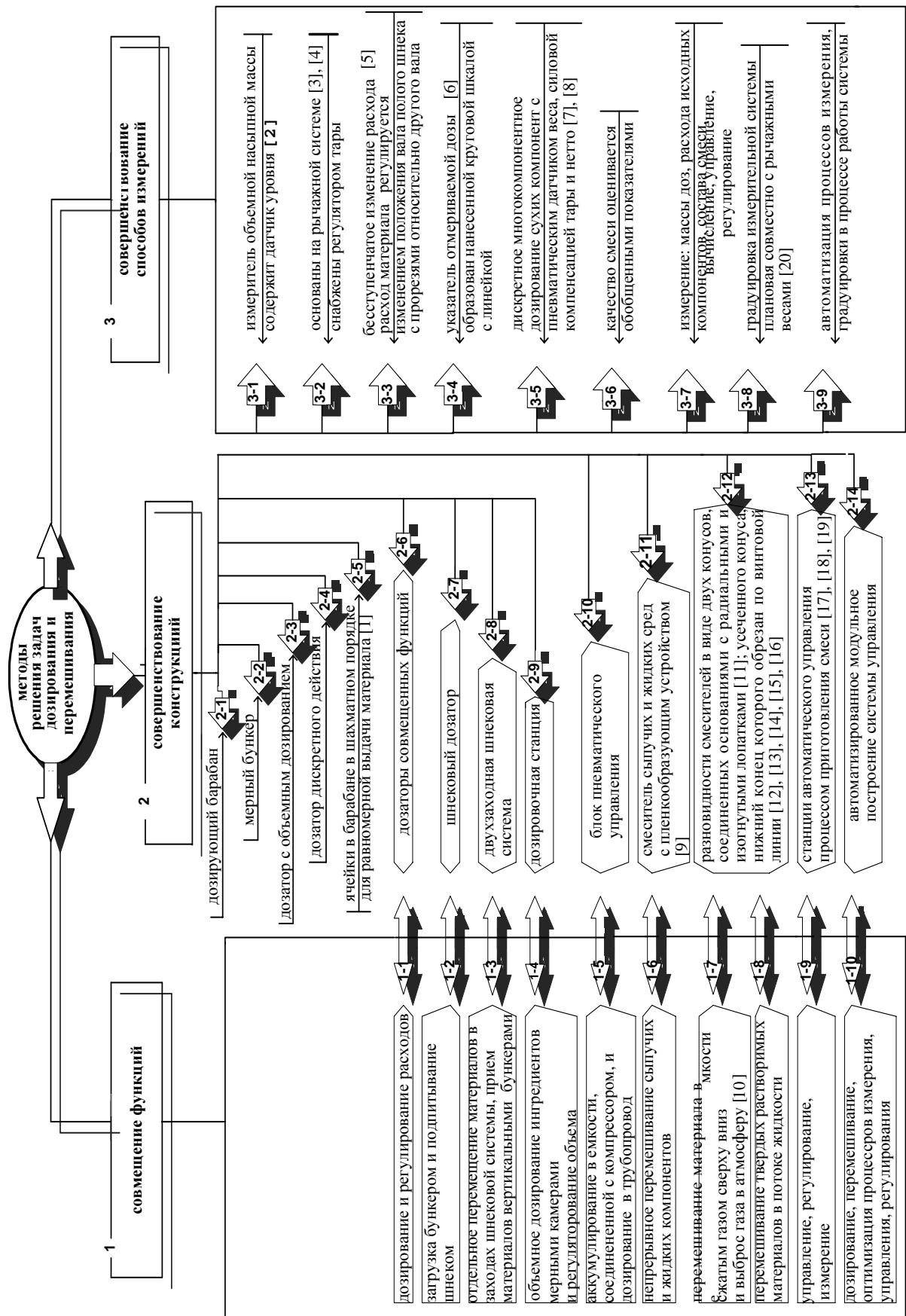
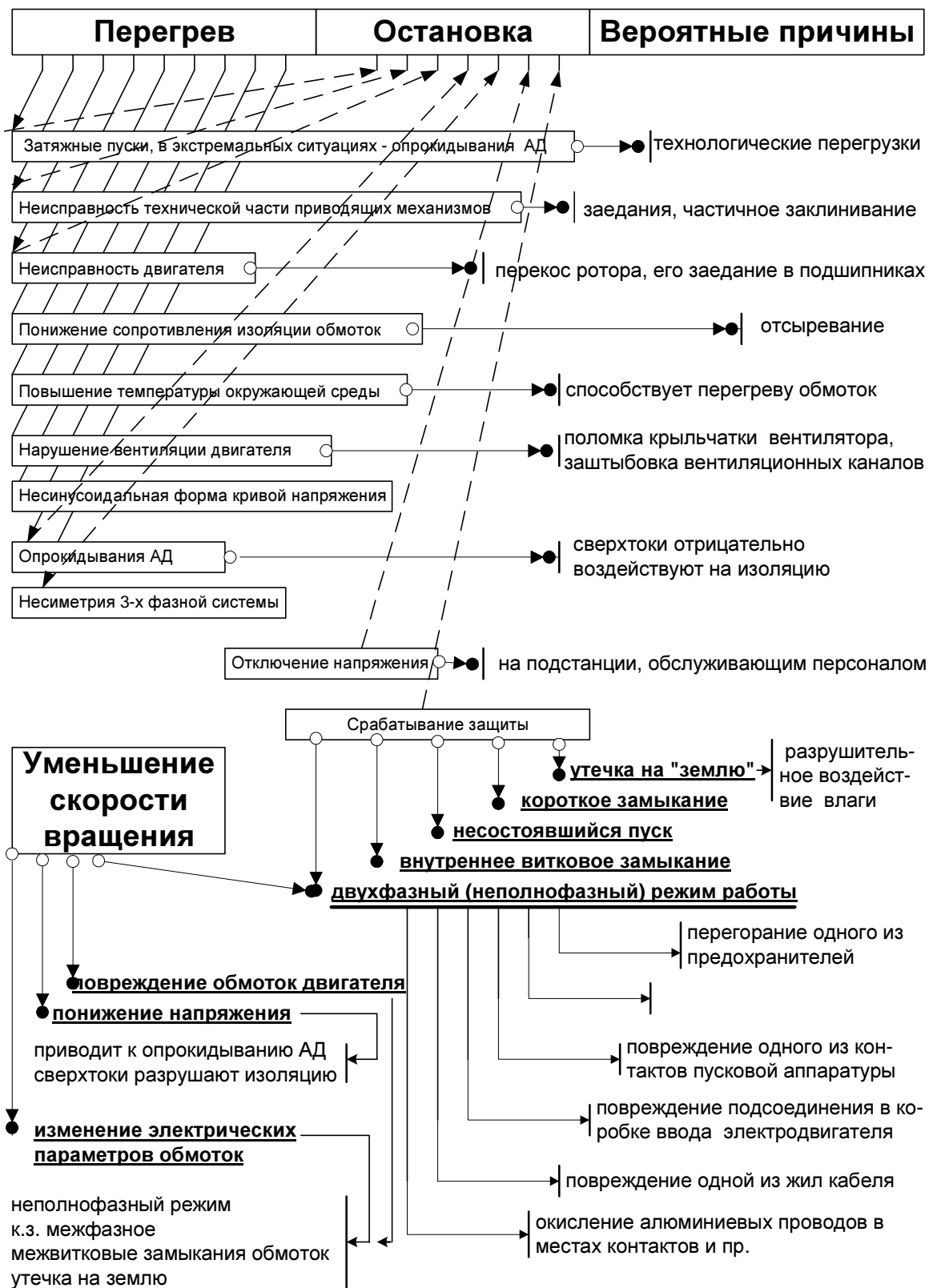


Рис. 1. Методы решения задач дозирования и перемешивания

Опыт апробационных работ по вводу в эксплуатацию многодвигательных комплексов, изучение и обобщение по работам аналогичного профиля [2] позволили создать номограмму причинно-следственных связей при отклонениях от стационарных режимов работы АД (рис.2). Создание последней позволяет формировать базу данных для автоматизированных систем управления.



**Рис. 2.** Номограмма причин и признаков отклонений параметров АД от номинальных значений

Как показал анализ, внешнее проявление режимов отклонений на практике, в основном, сводится к перегреву, остановкам в экстремальных случаях, понижению частоты вращения АД. Перечисляемые причины в номограмме скомпонованы по внешним проявлениям:

- технологические перегрузки, приводящие к затяжным пускам, а в экстремальных ситуациях опрокидыванию АД;
- неисправности механической части приводных механизмов (заедания, частичные заклинивания и пр.);

- неисправности двигателей (перекос ротора, его заедание в подшипниках и пр.)
- понижение сопротивления изоляции обмоток при отсыревании;
- повышение температуры окружающей среды;
- нарушение вентиляции двигателя из-за поломки крыльчатки вентилятора, забивки вентиляционных каналов;
- несостоявшиеся пуски;
- отключение напряжения на подстанциях;
- срабатывание различных видов защит, регламентированных: короткими замыканиями (преобладающей причиной возникновения являются вибрации АД, при которых происходят смещения проводов обмоток в диапазоне от 0.005 до 0.9 мм);
- неполно фазный режим работы;
- утечка на землю, основной из многих причин является воздействие влаги.

Неполнофазный режим работы может быть обусловлен элементарными причинами: обрыв провода электроснабжения; повреждение одного из контактов пусковой аппаратуры; перегорание одного из предохранителей; повреждение подсоединения проводов к коробке электродвигателя; окисление алюминиевых проводов в местах контактов и прочее.

Уменьшение частоты вращения, кроме вышеуказанного, в частности, обуславливается понижением напряжения в сети, что может приводить к опрокидыванию АД, при которых возникают сверхтоки - это особо опасное эксплуатационное воздействие для изоляции; повреждением обмоток двигателя и изменением электрических параметров, в том числе: межвитковыми замыканиями в обмотках статора, асимметрией питающего напряжения.

В качестве известных средств контроля признано применение серийно выпускаемых двигателей со встроенной температурной защитой, электротахометров, а также прошедших длительную апробационную эксплуатацию на электростанциях и других предприятиях Донецкой области, запатентованных в Украине и в России, реле аварийных режимов. Последнее позволяет контролировать перегрузки двигателей в 4-х диапазонах, а также режимы асимметрии, возникающие при витковых замыканиях, в обмотках статора на «землю», обрывах в обмотках статора, асимметрии питающего напряжения. Также целесообразно использование реле утечки.

#### **Выделение частей общей проблемы, не решенных ранее.**

Анализ особенностей эксплуатации отечественных и зарубежных многодвигательных комплексов приготовления кондитерских высокооднородных смесей, в частности пралиновых масс показывает наличие ряда проблем.

Последние связаны с отсутствием эффективных автоматизированных систем управления режимами работы дозаторов и смесителей, как основных объектов комплекса, и взаимодействующих с ними асинхронных двигателей, работающих в повторно-кратковременных и перемежающихся (S4- и S5) режимах. Отсутствие полносистемных решений оптимального взаимодействия этих режимов работы с процессом дозирования и перемешивания приводит к потере качества продукции и значительным простоям оборудования из-за перегрева и выхода из строя АД. Также не решен вопрос исключения выбросов пыли компонентов в рабочее пространство.

При наличии большого разнообразия многокомпонентных рецептов для приготовления высокооднородных смесей необходима автоматизированная система управления, позволяющая достичь высоких показателей качества регулирования процессом на сравнительно узком диапазоне допустимых норм работы объектов комплекса, при которых АД сохраняют назначенный ресурс. Решить указанные проблемы можно путем достижения высокоточного дозирования и перемешивания и поддержания допустимых режимов АД на всех контролируемых технологических циклах.

Поэтому разработка системы автоматизированного управления многодвигательным технологическим комплексом приготовления высокооднородных смесей представляет собой важную, сложную научную задачу, решение которой обеспечит повышение производительности и качества многокомпонентных смесей, оптимальную эксплуатацию оборудования и экологически чистый процесс.

**Целью статьи** является разработка оптимальной системы управления, и обеспечение экологически чистого технологического процесса приготовления пралиновой смеси за счет совокупности полносистемных решений в процессе взаимодействия оборудования и системы.

**Изложение основного материала.** На основании созданной номограммы и классификации, предложены алгоритмы определения состава исполнительных команд в режиме «Автоматизированное управление». Управление дозаторами и смесителями предусматривает максимальное использование их объема, исключение короткого замыкания

воздушной струи и выбросов пыли компонентов в помещение цеха, а также поддержание S4- и S5- режимов работы АД комплекса [3].

Алгоритмы отличаются тем, что дозаторы полностью не разгружаются для исключения короткого замыкания воздушной струи. В них остается оптимальная доза компонента, заполняющая часть дозатора, которая соответствует нелинейному участку характеристики разгрузки. Основная часть дозатора заполняется массой компонента, кратной количеству целых доз на данный вид смеси. После чего с выдержкой времени, необходимой для полного заполнения дозатора, дается команда на загрузку дозы, меньшей невыгружаемой. Недостающая часть будет заполнена на величину, определенную с учетом инерционности загрузочного устройства. Так как к точности догружаемой дозы не предъявляются высокие требования, то исключается необходимость в грубой и точной регулировке. При этом сокращается количество АД, так как отпадает необходимость в двух шнеках, предназначенных для указанных целей.

В выполнении указанных операций заняты подсистемы экспертной обработки информации, подсистемы регулирования исходного состояния по выбранному виду готового изделия. Связь подсистемы управления с подсистемой контроля выполняется через базу данных, в которой хранятся необходимые соотношения и константы для определения уставок поддерживаемых уровней с помощью реле 1Кзр, 2Ки, 3Кк, 4Ки заполнения каждого из дозаторов таким образом, чтобы они практически не оказывали влияния на массовый расход (рис. 3). Уставки задаются от микроЭВМ компараторам измерительных технических средств контроля массы компонентов. В связи с отработкой комплексов большого количества рецептов (более 60-ти), величина контролируемых уровней меняется в зависимости от вида изделия. Поэтому в автоматизированном непрерывном режиме выдаются уставки на изменение этих уровней.

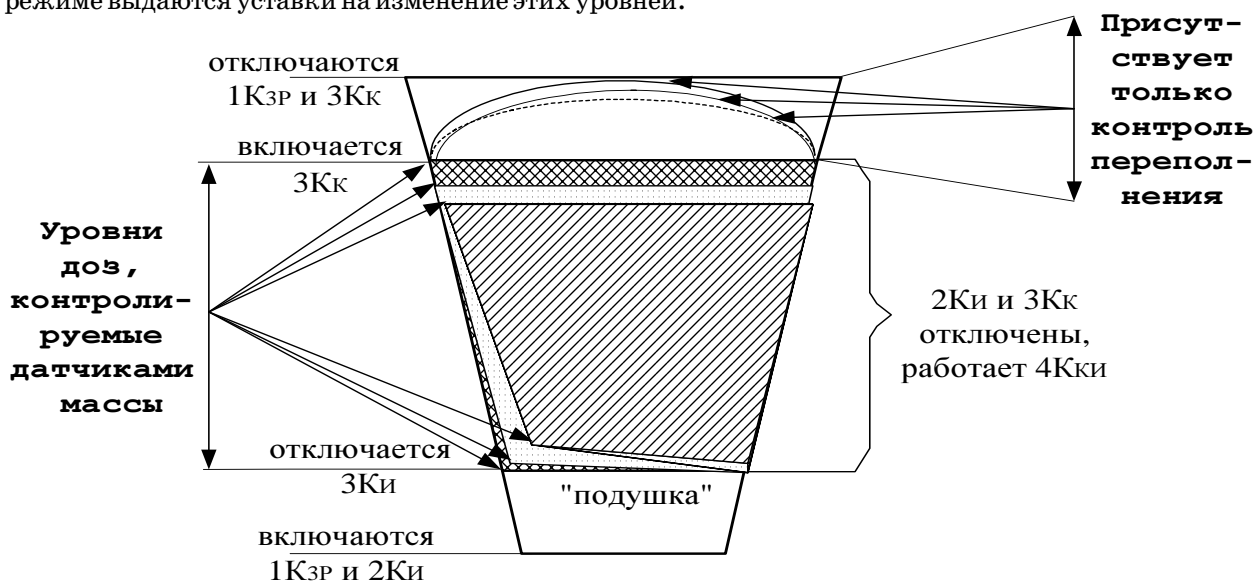


Рис. 3. Схема, регулирования уровня доз компонентов

Взаимодействие системы управления технологическим процессом дозирования компонентов предусмотрено при работе рецептурной станции как в автоматизированном, так и в ручном режиме работы комплекса.

Ручной режим, предназначенный для подготовительных и наладочных процедур, когда уточняются некоторые динамические параметры при отработке новых видов рецептов, такие, например, как скорость выгрузки компонентов, время движения их от позиции к позиции, скорость перемешивания и время общего цикла приготовления одной порции смеси.

При работе в ручном режиме ПЭВМ выступает в роли советчика и контроллера правильности отработки рецептов. В случае определения нарушения хода технологического процесса, ПЭВМ имеет возможность блокирования ручного управления и внесения корректив в технологический процесс. Для обеспечения этого разработана схема автоматизации, связывающая ПЭВМ с исполнительными механизмами.

Автоматизированный режим - когда все операции выполняются автоматически согласно циклограмме.

Алгоритм оптимального управления АД, в отличие от известных [4], основан на получении необходимой совокупности исходной информации о величинах тока, напряжения в фазах статора, сдвига фаз между ними, скорости вращения вала, сопротивления обмоток статора и равномерности магнитного поля ротора. Далее с помощью специальных

математических моделей микро-ЭВМ определяет состояние АД. После чего определяет возможные отклонения режимных параметров от предусмотренных стандартом и формирует управляющие воздействия путем регулирования циклов пауз и включений.

Обслуживающими процесс управления и регулирования являются подсистемы контроля параметров процессов дозирования и перемешивания, а также параметров, оценивающих состояние исполнительных механизмов с последующим анализом отклонений их от номинальных и регулированием режимов работы многодвигательного комплекса в соответствии с целевой функцией.

### Выводы

1. Приведенный анализ методов решения задач дозирования и перемешивания дает возможность ориентации на использование измерительных средств, математических моделей и конструктивных особенностей, а именно – станций автоматического приготовления смеси (2-13) и автоматизированного модульного построения систем управления (2-14). В качестве способов измерений – измерение массы доз, расхода исходных компонентов, состава смеси с последующим вычислением и управлением (3-7), автоматизацией процессов измерения и градуировки (3-9), в качестве совмещенных функций для системы управления – использовать оптимизацию управления процессами дозирования и перемешивания (1-10).

2. Предложен принцип оптимального построения автоматизированной системы управления процессом дозирования, исключающий загрязнение рабочего пространства, обеспечивающий максимальное использование объема оборудования и оптимальное управление АД для достижения поставленной цели.

### Библиографический список

1. **Чичикало Н.И.** Структурно-алгоритмические принципы построения ИИС напряженно-деформированных объектов - Донецк: РИА ДонГТУ, 1998.-178 с.: ил
2. **Техническое задание** Донецкого ПТП ПО «Укрчерметавтоматика». // «Система автоматического управления процессом приготовления массы на смесителях, с использованием микропроцессорных контроллеров МУ», - 1990. – 19 с. 3.
3. **Ларина Е.Ю.** Комплекс автоматизированного оборудования для высокоточного дозирования сухих, жидких, маслянистых гранулированных компонентов и производства высокооднородных смесей // Матеріали ІІ науково-практичної конференції “ДОНБАСС-2020: наука і техніка - виробництву”, м. Донецьк. – 03-04 лютого 2004 р. – Донецьк, ДонНТУ . 2004.- С. 680-687.
4. **Matlab**, пакет прикладных программ, 2004.

© Е.Ю. Ларина 2004

УДК 662.741

А.С.ПАРФЕНЮК, П.В.ТРЕТЬЯКОВ (ДонНТУ)

## ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАМЕРНЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ МАСС И ОТХОДОВ

*Проанализированы возможности обеспечения экологической безопасности технологических процессов термopереработки отходов с использованием камерных печей и, в частности, агрегатов для осуществления термолизно-энергетической рекуперации отходов.*

Вследствие энергетико-сырьевой специализации промышленности и большого количества отходоemких производств, Украина входит в число стран с наибольшими абсолютными объемами образования и накопления промышленных отходов.

Большую долю из почти 30 млрд. т промышленных отходов составляют отходы добычи и обогащения рудных и нерудных материалов. Около 90% их количества накоплено и продолжает накапливаться в 4 областях страны – Днепропетровской, Донецкой, Запорожской и Луганской. В целом в Украине ежегодно образуется более 150 млн. тонн промышленных и бытовых токсичных отходов, которые практически не