

## **Использование теории нечеткого моделирования при весовом порционном дозировании.**

д.т.н., проф. В.Д. Шеповалов, аспирант В.А. Зудин  
ВИМ, г. Москва, лаборатория автоматизации мобильных  
технологических процессов

В процессе приготовления комбикорма, одним из важнейших этапов является дозирование ингредиентов смеси. Наибольшее распространение получил весовой порционный метод дозирования.

Задача управления процессом дозирования с использованием теории нечеткого моделирования решалась для комбикормовых цехов производительностью до 10 т/ч, устроенных по технологической схеме одноэтапного дозирования с многокомпонентным измельчением. Необходимая доза каждого компонента формируется конечным числом порций. Процесс формирования порции включает в себя следующие этапы : загрузка компонента в грузоприемный бункер, ожидание стабилизации веса порции, разгрузка компонента, определение фактического веса порции. Основная линия дозирования состоит из нескольких дозаторов (по числу используемых компонентов). После отвеса порции, зерновые компоненты измельчаются в молотковой дробилке. Измельченные компоненты смешиваются с порцией добавок. Далее полученный комбикорм направляется в бункер готовой продукции.

Управление процессом дозирования возложено на персональный компьютер. Оператор, в специально разработанной программе, выбирает рецепт и необходимый вес готовой продукции. На экране монитора отображается информация о текущем состоянии оборудования.

Регистрация процесса загрузки дозатора показала, что он происходит неравномерно. В процессе формирования порции можно выделить следующие периоды : период увеличения скорости загрузки, период заполнения дозатора с установившейся скоростью, период досыпки компонента после выключения питателя.

В процессе функционирования системы на значение сигнала о весе компонента накладывается помеха, что приводит к необходимости фильтрации сигнала. На практике в качестве такого алгоритма использовался метод фильтрации скользящего среднего.

При анализе процесса загрузки было обнаружено, что скорость заполнения дозатора в установленном режиме носит периодический характер. Вторым выявленным фактом является небольшой разброс величины досыпки компонента (коэффициент вариации для зерновых компонентов 8.8 % и 14% для добавок).

Любой дозатор - это дискретная автоматическая система, целью которой является стабилизация набора заданного значения порций. При этом в системе по мгновенному значению изменения массы принимается управляющее решение. Погрешность при дозировании порции определяется ошибкой системы управления, которая складывается из динамики преобразования сигнала и неравномерности веса компонента, находящегося между питателем дозатора и грузоприемным бункером. В виду того, что доза компонента формируется набором порций, возникает ошибка квантования.

Один из способов повышения точности дозирования является изменение величины потока компонента. При этом задача управления сводится к минимизации функционалов, представляющих рассогласование между установленной величиной порции и величиной, характеризующей текущее состояние устройства. Такой подход ведет к удорожанию системы дозирования.

Нами предлагается подход, основой которого является изменение величины задания таким образом, чтобы максимально приблизить фактический вес порции к заданному. Это возможно благодаря тому, что допускается разброс содержания компонентов в каждой порции при обеспечении итоговой высокой точности соблюдения рецепта.

На процесс дозирования главным образом оказывают влияние физико-механические свойства компонентов: угол естественного откоса, влажность, размеры частиц, плотность, слеживаемость, связность, коэффициент трения-движения и другие, а также конструктивные особенности дозирующего устройства и его режимные параметры. Оперативный контроль за поступающим сырьем, как правило, не ведется. В следствии чего возникает дефицит информации. Одним из способов получения недостающих данных является использование нечеткой модели коррекции величины задания порции.

Для построения нечеткой модели могут быть использованы системы нечеткого вывода или нейронные сети. Построение систем

нечеткого вывода связано с трудностью получения исходных функций принадлежности для входных лингвистических переменных. В связи с этим более перспективным является использование нейронных сетей. Следует отметить, что при расширении классической нейронной сети такими элементами как нейрон-минимизатор и нейрон-дефазификатор, на основе нейронной сети можно реализовать систему нечеткого вывода.

С целью решения задачи повышения точности дозирования было проведено следующее:

- спланирован эксперимент и накоплены исходных данных для обучения сети;
- используя методы регрессионного анализа исключены незначимые параметры и выявлены параметры, у которых различная корреляция с выходными параметрами в областях больших и малых величин;
- построены нейронные сети, реализующую систему нечеткого вывода Саугено, Мамдани и классическая нейронную сеть с несколькими слоями;
- проведено обучение исходных нейронных сетей с использованием генетического алгоритма глобальной оптимизации;
- скорректирована сеть с меньшим отклонением от обучаемых данных и проведено повторное обучение;
- проведено исследование качества управления при функционировании цеха в хозяйственных условиях.

Программная реализация нейронной сети осуществлена на основе СОМ объектов. Такой подход позволит использовать методы нечеткого моделирования в ряде других задач.

Использование методов нечеткого моделирования позволило повысить точность дозирования компонентов при производстве комбикорма.

#### Использованная литература.

1. «Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта». Под ред. Д.А. Поспелова. М., «Наука», 1986.

2. «Прикладные нечеткие системы» Под ред. Тэтано Т., Сугено М. М., «Мир», 1993.
3. «Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy-TECH». А.В. Леоненков. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.