

(транспортировки и уплотнения) корма 3, рабочую камеру 4, механизм выгрузки 5, источник питания 6, станцию управления 7 (рисунок 1).

Приемное устройство предназначено для согласования поступления и расхода корма перед обработкой в случаях непрерывной подачи и пропорционального расхода, а также сглаживания различий в производительности транспортирующего органа и установки. С целью использования гравитационных сил, приемное устройство размещают над рабочей камерой. Для исключения зависания корма, приемное устройство может быть выполнено с одинаковым поперечным сечением по высоте, или даже расширяющимся к низу.

Механизм распределения предназначен для подачи корма в рабочую камеру и равномерного его распределения по плоскости поперечного сечения камеры.

Механизм уплотнения создает требуемую технологией плотность и обеспечивает перемещение кормовой массы к выгрузному устройству. Рабочая камера в нижней части закрывается текстолитовой пластиной. Противодавление, необходимое для обеспечения требуемого уплотнения, при открытой рабочей камере обеспечивается в результате трения материала о стенки камеры и бокового давления. Плотность материала в этом случае определяется соотношением длины рабочей камеры и площади ее поперечного сечения.

Основным конструктивным элементом установки является рабочая камера, представляющая собой систему токоподводящих вертикально расположенных плоско – параллельных электродов, разделенных гетерогенными ионоселективными мембранами, смонтированными в диэлектрическом корпусе. Для обеспечения требуемой механической прочности, мембраны располагают в специальных рамках. С целью повышения электробезопасности, крайние электроды подключают к нулевому потенциалу разделительного трансформатора. Таким образом, число секций рабочей камеры кратно двум.

Механизм выгрузки предназначен для удаления обработанного корма из рабочей камеры и транспортировки его для дальнейшего использования.

Источник питания предназначен для преобразования параметров электрической энергии питающей сети к виду, требуемому технологией процесса. Источник питания подключается к сети через понижающий электропечной трансформатор, выполняющий одновременно и роль разделительного.

Для питания установок постоянного тока применяют одно- и трехфазные нерегулируемые и регулируемые выпрямители, в том числе и специализированного назначения типа ВАК, ВАКР.

УДК 681.51.(075.8)

### **ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ**

**Кулаков Г.Т.<sup>1</sup>**, д.т.н., профессор; **Кулаков А.Т.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент,

**Кухоренко А.Н.<sup>2</sup>**, аспирант, **Ковалев В.А.<sup>3</sup>**, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

<sup>3</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет

Уровень автоматизации технологических процессов в АПК является решающим фактором в повышении эффективности и надежности производства, обеспечении качества сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, их конкурентоспособности на внутреннем и внешних рынках. Качество переходных процессов систем управления не всегда еще достаточно высока [1, 2]. Отказ от классических типовых регуляторов с переходом на структурно-параметрическую оптимизацию динамических систем, основанную

на законах структурной гармонизации систем, позволяет обеспечить системное качество – высокие эксплуатационные характеристики [3].

Для оптимальной обработки внутреннего возмущения, структуру стабилизирующего регулятора определяем на основе передаточной функции опережающего участка с учетом передаточной функции оптимального регулятора, для оптимальной обработки скачка задания по промежуточной регулируемой величине. При этом численное значение постоянной времени критерия оптимальности обработки задающего воздействия  $T_{зд1}$ , выбираем по правилу золотого сечения [4], приняв за целое большую постоянную времени разгона опережающего участка с учетом максимально допустимой ошибки регулирования при обработке внутреннего возмущения. Находим передаточную функцию эквивалентного объекта регулирования с учетом динамики внутреннего контура, как последовательное соединение инерционного звена первого порядка со временем разгона  $T_{зд1}$  и передаточной функции инерционного звена с запаздыванием. Для выбора структуры основного регулятора выход последнего охватываем положительной обратной связью с передаточной функцией эквивалентного объекта регулирования. В результате передаточная функция этого регулятора при оптимальной обработке задания по основной регулируемой величине будет равна обратной передаточной функции эквивалентного объекта регулирования. Для физической реализуемости регулятора (порядок передаточной функции числителя равен порядку передаточной функции знаменателя) последовательно с регулятором включаем заданную передаточную функцию системы при обработке задания основной регулируемой величины в виде  $n$ -последовательно соединенных звеньев порядок которой определяется порядком передаточной функции эквивалентного объекта. Для выделения эквивалентного внешнего возмущения объекта, параллельно передаточной функции реального эквивалентного объекта, с выхода основного регулятора формируем модель реального эквивалентного объекта, выход которой с минусом сравниваем с выходом основной регулируемой величины, а полученную разность подаем на вход устройства компенсации внешнего возмущения, выход которого корректирует задание основному регулятору.

Моделирование переходных процессов системы автоматического регулирования произведем на следующем примере:

– инерционный участок объекта регулирования представлен передаточной функцией инерционного звена первого порядка с запаздыванием:

$$W_1(p) = \frac{k_{ин} e^{-\tau_1 p}}{T_k p + 1} = \frac{e^{-21p}}{37p + 1}, \quad (1)$$

где  $k_{ин}$  – коэффициент передачи участка регулирования;  $T_k$  – постоянная времени передаточной функции участка регулирования;  $\tau_1$  – время запаздывания по каналу регулирующего воздействия;  $p$  – оператор Лапласа.

– передаточная функция опережающего участка объекта регулирования представлена в виде инерционного звена первого порядка:

$$W_{оп}^*(p) = \frac{k_{оп}}{T_{оп}^* p + 1} = \frac{1}{5p + 1}, \quad (2)$$

где  $k_{оп}$  – коэффициент передачи опережающего участка;  $T_{оп}^*$  – постоянная времени опережающего участка.

В этом случае критерий оптимальности внутреннего контура при обработке скачка задания  $x_{зд1}$  примет вид:

$$W_{зд1}^{opt}(p) = \frac{1}{T_{зд1} p + 1}, \quad (3)$$

где  $T_{зд1}$  – заданное время инерционного звена первого порядка.

В результате получим оптимальную передаточную функцию стабилизирующего регулятора с единственным параметром динамической настройки:

$$W_{p1}(p) = \frac{T_{оп}^* p + 1}{k_{оп} T_{зд1} p} = \frac{5p + 1}{T_{зд1} p}. \quad (4)$$

Определение численного значения  $T_{зд1}$  осуществляем с использованием ряда чисел правила золотого сечения [4], приняв за целое  $T_{оп}^*$ . Далее находим передаточную функцию эквивалентного объекта регулирования:

$$W_{эkv}(p) = W_{зд1}^{opt}(p) \times W_1(p) = \frac{e^{-21p}}{(T_{зд1} p + 1)(37p + 1)}. \quad (5)$$

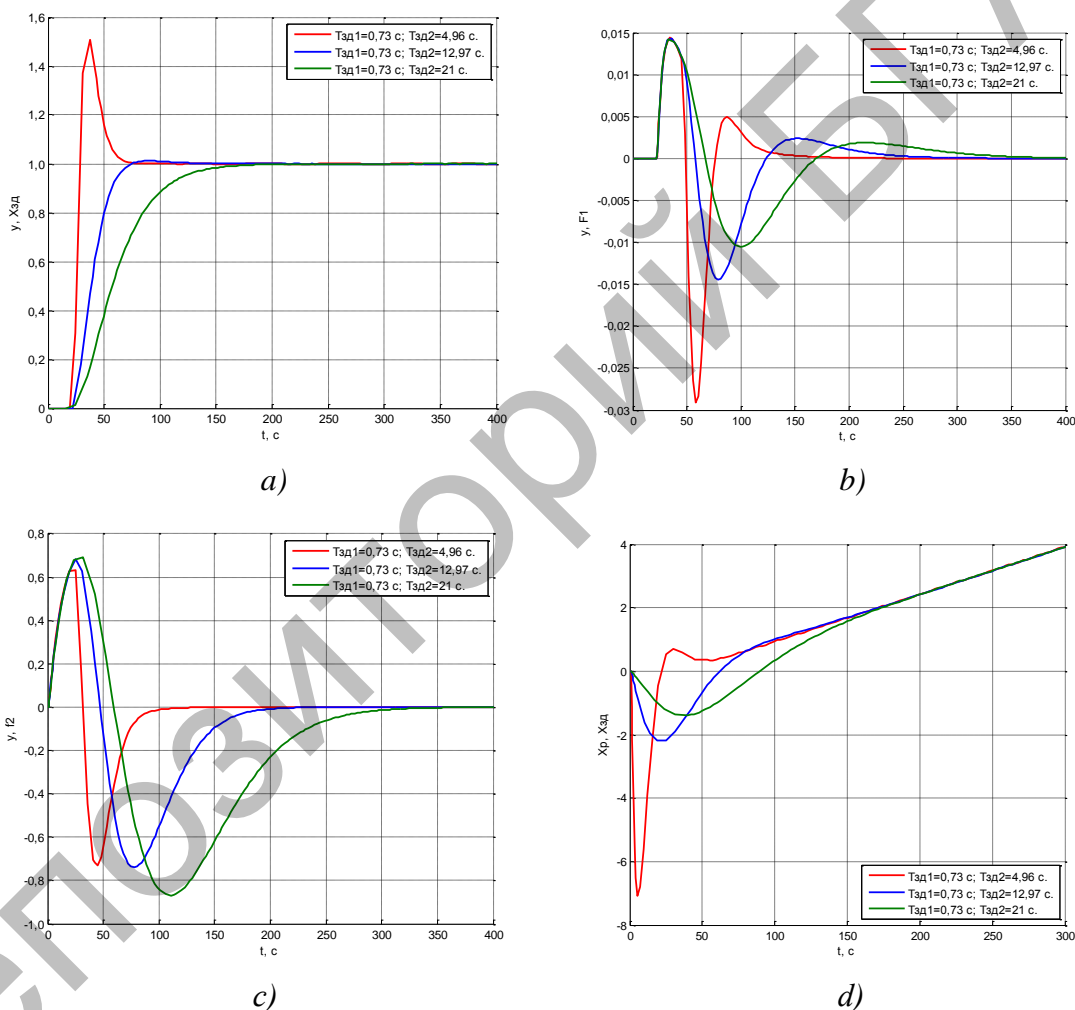


Рисунок 1 – Графики переходных процессов инвариантной САР при отработке основных возмущений с различными значениями времени:

- a) отработка скачка задающего воздействия  $x_{зд}$ ; b) отработка внутреннего возмущения  $f_1$ ;
- с) отработка внешнего возмущения расходом перегретого пара  $f_2$ ; d) изменения регулирующего воздействия  $x_p$  при отработке внешнего возмущения расходом перегретого пара;  $t$  – время

Числитель передаточной функции (5) представим в виде  $\frac{1}{21p+1}$  и с учетом того, что передаточная функция корректирующего регулятора имеет вид:

$$W_p(p) = \frac{W_{зд2}(p)}{W_{экр}(p)} \times \frac{1}{1 - W_{зд2}(p)} = W_\phi(p) \times \frac{1}{1 - W_{зд2}(p)}, \quad (6)$$

где

$$W_{зд2}(p) = \frac{1}{(T_{зд2}p + 1)^3}. \quad (7)$$

Здесь  $W_{зд2}(p)$  – передаточная функция критерия оптимальности САР по задающему воздействию  $x_{зд2}$ ;  $T_{зд2}$  – заданное время инерционного звена третьего порядка.

Оптимальную передаточную функцию корректирующего регулятора представим в виде:

$$W_p^{opt}(p) = W_\phi(p) = \frac{(T_{зд1}p + 1)(37p + 1)(21p + 1)}{(T_{зд2}p + 1)^3}. \quad (8)$$

Выбор численных значений  $T_{зд2}$  осуществляем с использованием ряда чисел правила золотого сечения [4], приняв за целое  $\tau$ .

Условие инвариантности  $y(t)$  для крайнего внешнего возмущения  $f_2$ :

$$W_{ук}^{f_2}(p) = \frac{1}{W_{зд2}(p)} - 1 = \frac{(T_{зд2}p + 1)^3 - 1}{(T_{зд2}p + 1)^3} = \frac{T_{зд2}^3 p^3 + 3T_{зд2}^2 p^2 + 3T_{зд2} p}{T_{зд2}^3 p^3 + 3T_{зд2}^2 p^2 + 3T_{зд2} p + 1}. \quad (9)$$

В приложении Simulink программного пакета MATLAB осуществим моделирование переходных процессов инвариантной САР при основных воздействиях (рисунок 1).

Из графиков переходных процессов видно, что оптимальным переходным процессам соответствуют графики при  $T_{зд1} = 0,146T_{оп}^*$ ,  $T_{зд2} = 0,618\tau_1$  и  $T_{зд1} = 0,146T_{оп}^*$ ,  $T_{зд2} = 1\tau_1$ .

#### Литература

1. Демченко, В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС [Текст]/ В.А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 308 с.
2. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов [Текст] / Г. П. Плетнев. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.
3. Кулаков, Г.Т. Методика структурно-параметрической оптимизации каскадных систем автоматического регулирования на основе модифицированного упредителя Смита [Текст]/ Г.Т. Кулаков, А.Т. Кулаков, В.В. Кравченко //Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика: международный научно-технический журнал. - 2012. - № 2. – С. 40-45.
4. Сороко, Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: введение в общую теорию гармонизации систем [Текст]/ Э.М. Сороко. - М: КомКнига, 2006. - 264 с.