

УДК 621.74:681.518.5

©Воронов Г.А.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

### **1. Введение**

Предприятия машиностроительного комплекса в условиях конкуренции активно занимаются внедрением передовых технологий производства, современного оборудования и систем управления. Это позволяет выпускаемой на этих предприятиях продукции соответствовать мировым стандартам. Важнейшая роль в борьбе за качество продукции принадлежит вопросам автоматизации процессов производства. В настоящее время интенсивно разрабатываются высоконадежные устройства и узлы автоматических систем, базирующихся на полупроводниках, магнитных, пневматических и других бесконтактных элементах. Большое внимание уделяется разработке микроэлементов автоматических систем, обладающих малыми габаритами и обеспечивают высокую надежность и быстрдействие, а также высокую технологичность производства автоматических устройств. Возможность современной автоматики действительно безгранична, а первостепенная задача сегодня – ускорение ввода автоматики в производство с целью повышения конкурентоспособности машиностроительной продукции и улучшения условий труда персонала.

### **2. Анализ литературных данных и постановка задачи исследования**

Большинство технологических операций в литейном производстве, специализирующемся на изготовлении фасонных отливок для деталей машиностроительного назначения, очень трудоемко, протекает при высокой температуре с выделением газов и кварцесодержащей пыли. Для уменьшения трудоемкости и создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда в литейных цехах применяют различные средства автоматизации технологических процессов и транспортных операций. Наиболее трудоемкие операции при производстве отливок – формовка, изготовление стержней и очистка готовых отливок. На этих участках литейных цехов в наибольшей степени механизированы и частично автоматизированы лишь некоторые технологические операции [1–3]. При решении задач комплексной модернизации основных участков литейного цеха и, в частности, участка формовки, необходимо рассматривать возможность реализации оптимального управления технологическими операциями управляемых процессов. Как правило, системы управления комплексом литейного оборудования, выполняющего технологический процесс, являются комбинированными – по пути и времени. Вопросы моделирования работы таких систем и оптимизации управления ими на формовочно-плавильно-заливочных участках цехов рассмотрены, например, в работах [4–7]. Следует отметить, что в таких комбинированных системах управления необходимо предусматривать наличие регуляторов основных технологических параметров управляемых

процессов. Особая роль в них отводится системам регулирования по быстрдействию, решающих задачу быстрого перевода системы из фактического текущего состояния в заданное конечное [6, 8]. Применительно к технологическим процессам формообразования такие системы должны работать в «узких» местах, т. е. решать задачи минимизации времени простоев литейного конвейера или автоматической линии. Именно поэтому актуальной представляется проблема разработки таких систем регулирования в общей структуре автоматической системы управления процессами формообразования.

### 3. Проектирование комбинированной системы управления процессом изготовления разовых песчаных форм

Системы управления современных машин-автоматов должны учитывать ряд требований по надежности. Поэтому при их проектировании необходимо учитывать ряд особенностей с целью минимизации вероятности сбоев в работе привода. К ним относятся [9]:

- во избежание переключения распределителей привода при промежуточных значениях основного входа релейного устройства соответствующие им значения полного состояния должны отличаться от любого другого;
- должна быть обеспечена «нулевая – защита» системы управления;
- автоматический режим может быть включен лишь при исходном положении всех рабочих органов привода;
- когда машина работает в автоматическом режиме, воздействие на органы ручного управления не должно вызывать никаких переключений, а перевод машины в наладочный режим исключает последовательность перемещений рабочих органов, предусмотренную автоматическим режимом.

Типовая схема и циклограмма работы формовочной машины-автомата представлена на рис. 1, на котором приняты следующие обозначения: Ц1 – пневмоцилиндр, подащий опоку на рабочий стол машины, Ц2 – пневмоцилиндр механизма протяжки полуформ, Ц3 – встряхивающий цилиндр, Ц4 – пневмоцилиндр привода заслонки бункера со смесью над машиной, Ц5 – пневмоцилиндр или гидроцилиндр механизма подпрессовки, Ц6 – пневмоцилиндр выталкивания готовой полуформы, Ц7 – пневмоцилиндр цехового бункера.

Выполнением процедуры логического синтеза по методике, изложенной в [9], спроектирована система управления, техническая реализация которой на элементах универсальной системы промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА) представлена на рис. 2.

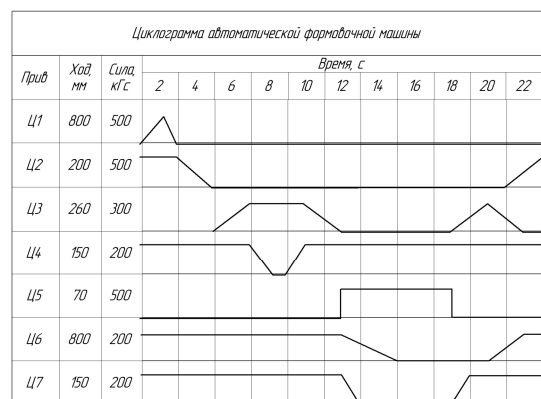
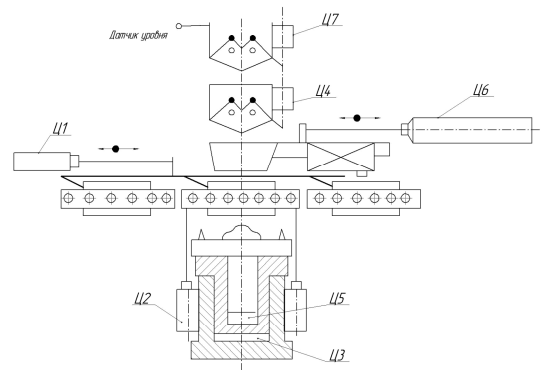


Рис. 1 – Схема и циклограмма работы формовочной машины-автомата

Промышленные наблюдения за работой формовочных автоматов показывают, что иногда возникают простои из-за несогласованной работы автомата со смесерздаточной системой, проявляемой в недостаточном уровне формовочной смеси в бункерах над машинами.

Контроль уровня осуществляется датчиками уровня, установленными непосредственно на бункерах. Система регулирования должна работать таким образом, чтобы при необходимости выдачи смеси в опоку эта задача была выполнена за минимальное время, т.е. речь идет о системе регулирования с быстроедействием.

Для моделирования работы этой системы и поиска оптимального управления предлагается методика, аналогичная описанной в работе [8]. При этом в качестве основного метода поиска оптимального управления выбран принцип максимума Понтрягина [10]. Система уравнений, описывающая изменение расхода смеси в бункере, имеет вид:

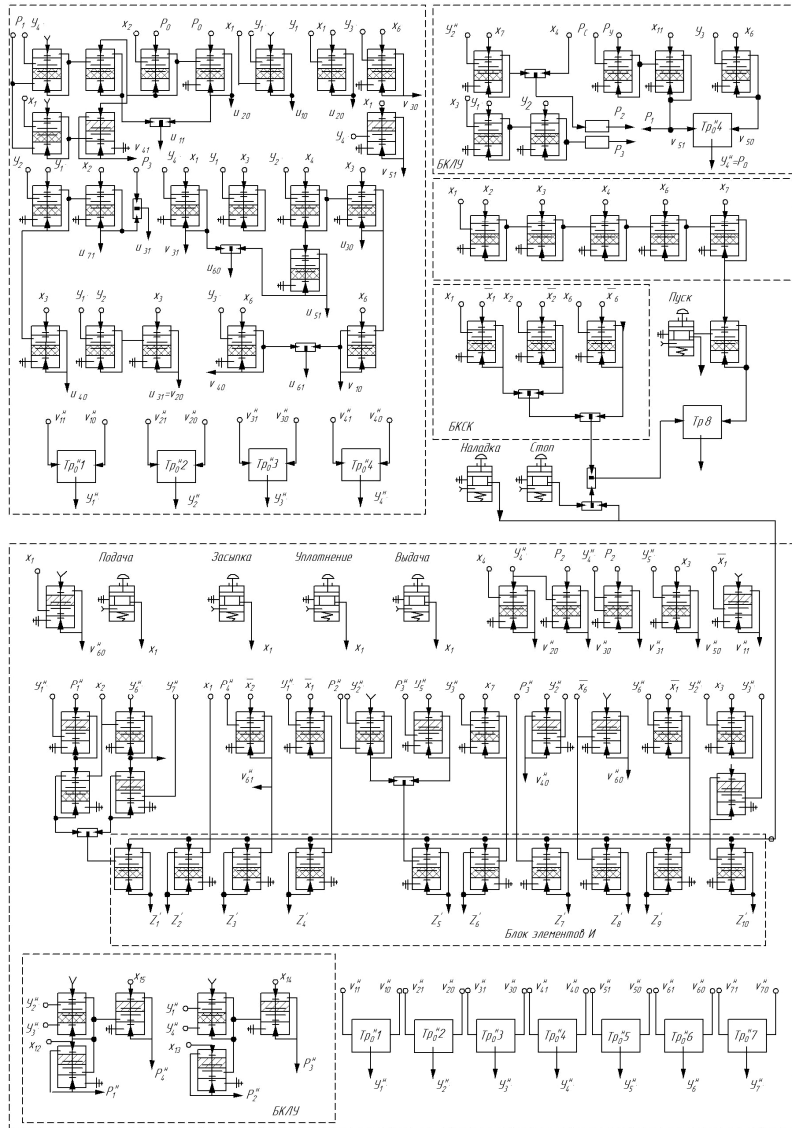


Рис. 2 – Техническая реализация системы управления формовочным автоматом на УСЭППА

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = u, \\ \frac{dx_2}{dt} = x_1 - q, \end{cases} \quad (1)$$

где  $x_1 = \Delta Q_1$  – изменение расхода смеси, подаваемой из цехового бункера,  $x_2 = S\Delta h$  – изменение объема смеси в бункере над формовочным автоматом ( $S$  – площадь сечения бункера,  $\Delta h$  – перепад высоты смеси в бункере),  $q = \Delta Q_2$  – изменение расхода смеси при выдачи её из бункера в опоку,  $u = kp$  – управление, пропорциональное давлению в пневмоцилиндре механизма открытия заслонки бункера.

Для поиска оптимального по быстродействию управления при таком описании целесообразно применить принцип максимума Понтрягина. Задача поиска оптимального управления может быть сформулирована следующим образом: для процесса, описываемого системой уравнений (1) при наличии ограничений на управление найти закон изменения  $u(t)$  при использовании которого процесс из произвольного начального состояния  $x_1(0) = x_1^{(0)}$ ,  $x_2(0) = x_2^{(0)}$  перейдет в конечное состояние  $x_1(\tau_k) = q$ ,  $x_2(\tau_k) = 0$  за минимальное время  $\tau_k$ .

Полученные уравнения траектории процесса в координатах « $x_1 - x_2$ » имеет вид

$$x_2 = \frac{1}{2u}(x_1 - q)^2 + x_2^{(0)} - \frac{1}{2u}(x_1^{(0)} - q)^2, \quad (2)$$

где второе и третье слагаемые определяют постоянную  $C_0$ , позволяющую определить траектории, по которым можно попасть в конечное состояние

$$C_0 = x_2^{(0)} - \frac{1}{2u}(x_1^{(0)} - q)^2 \quad (3)$$

Вид траектории при положительном и отрицательном управлении показан на рис. 3.

Левые и правые части парабол (1) и (2) соответственно описывают совокупность точек фазовой плоскости, из которых можно перейти в конечное состояние, не меняя знака управления. Из любых других точек фазовой плоскости перевод системы в конечное состояние возможен только при использовании управляющего воздействия, имеющего точку переключения с одного предельного значения в другое.

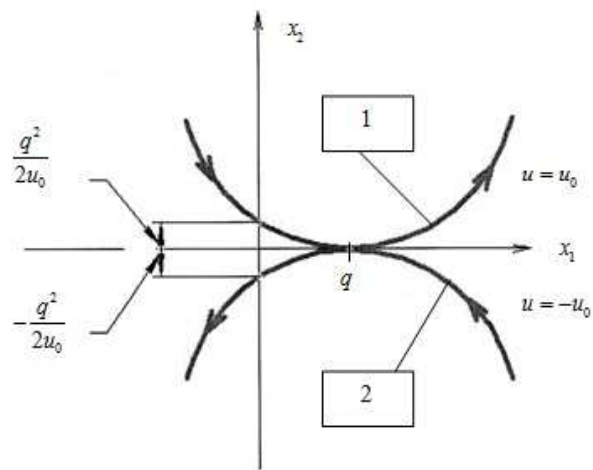


Рис. 3 – Вид траектории при положительном (1) и отрицательном (2) управлении

### Выводы

АСУ ТП изготовления литейных разовых песчаных форм должны учитывать в своей структуре системы регулирования тех параметров технологических процессов, которые являются наиболее важными как точки зрения обеспечения качества форм, так и с точки зрения минимизации возможных простоев конвейера. В этом случае система регулирования должна обеспечивать заданное быстродействие, а процедура синтеза оптимального регулятора в этом случае может быть сведена к применению принципа максимума Понтрягина. Такой подход к синтезу регулятора для системы смесераздачи обеспечивает минимизацию вероятности простоев формовочного автомата и литейного конвейера по причине отсутствия необходимого количества смеси при подаче опоки на рабочую позицию формовочного автомата.

**Список использованных источников:**

1. Титов, Н. Д. Основы автоматизации литейного производства и вычислительной техники : учеб. пособие для средних спец. учеб заведений / Н. Д. Титов, Л. Н. Сергеев. – М.: Машиностроение, 1983. – 152 с.
2. Кукуй, Д. М. Автоматизация литейного производства [Текст] учеб. Пособие / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одинокко. – Минск : Новое знание, 2008. – 240 с.: ил. – (Техническое образование).
3. Новиков, В. П. Автоматизация литейного производства. Ч. 1. Управление литейными процессами : учеб. пособие / В. П. Новиков. – М. : МГИУ, 2006. – 292 с.
4. Дёмин, Д. А. Совершенствование процессов управления электроплавкой / Д. А. Дёмин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр. — Х., 2010. – № 4, темат. вип. «Нові рішення в сучасних технологіях». – С. 33–44.
5. Демин, Д. А. Методология формирования функционала для задачи оптимального управления электроплавкой / Д. А. Демин // Технологический аудит и резервы производства. – 2011. –Т. 1, № 1. – С. 15–24.
6. Демин, Д. А. Синтез систем управления технологическими процессами электродуговой плавки чугуна / Демин Д. А. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №2/10(56). – С. 4–9.
7. Демин, Д. А. Управление процессом выдачи расплава на плавильно-заливочном участке литейного цеха / Д. А. Демин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр. – Х., 2013. – № 56. – С. 208–216
8. Demin, D. A. Synthesis of optimal temperature regulator of electroarc holding furnace bath / D. A. Demin // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2012. – № 6. – P. 52–58.
9. Семенов, В. И. Автоматика, средства и системы автоматического управления и контроля / В. И. Семенов. – М. : МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1973. – 32 с.
10. Понтрягин, Л. С. Математическая теория оптимальных процессов : монография / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. – М. : Физматгиз, 1961.

**Воронов Г.А.** «Совершенствование системы автоматизации процесса формообразования для изготовления отливок машиностроительного назначения».

В статье описан вариант использования системы регулирования уровня смеси в бункере формовочной машины в технологическом процессе изготовления разовых песчаных форм для получения фасонных отливок деталей машиностроительного назначения. Показано, что такая система регулирования, решающая задачу управления по быстродействию, может быть интегрирована в АСУ ТП на формовочном участке литейного цеха.

**Ключевые слова:** литейное производство, формовочный автомат, управление, система регулирования.

**Воронов Г.А.** «Удосконалення системи автоматизації процесу формоутворення для виготовлення відливок машинобудівного призначення».

У статті описаний варіант використання системи регулювання рівня суміші в бункері формувальної машини в технологічному процесі виготовлення разових піщаних форм для отримання фасонних відливок деталей машинобудівного призначення. Показано, що така система регулювання вирішує завдання управління за швидкодією та може бути інтегрована в АСУ ТП на формувальній ділянці ливарного цеху.

**Ключові слова:** ливарне виробництво, формувальний автомат, управління, система регулювання.

**Voronov G.A.** “Improving the shaping process automation systems for the manufacture of castings engineering purposes”.

This article describes the use case mix level control system in the hopper of the molding machine in the process of manufacturing of single sand molds for shaped castings parts engineering purposes. It is shown that such a regulatory system solves the problem of speed control can be integrated into the APCS forming section of the foundry.

**Key words:** foundry, molding machine , management, control system.

Стаття надійшла до редакції 2 грудня 2013 р.