

УДК 621.01(06)

**Е. А. Гладчук**, канд. техн. наук, доцент  
Донецкий национальный университет экономики и торговли  
имени Михаила Туган-Барановского, Украина  
Тел.: +38(062)3045037; E-mail: gladchuk.evgen\_st@mail.ru

## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НЕСТАБИЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

*Приведены положения и результаты параметрического моделирования технической системы нестабильной структуры в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом на примере прокатного стана. Параметрическое моделирование основывалось на применении положений дискретной математики, формальной логики описания параметров состояния и органоструктуры. Представлен связной граф и дано решение этого графа в соответствии с преобразованием Розенберга – Карнопфа и теоремы Ричардсона. Предложена обобщенная функция управляющего воздействия. Приведен сравнительный анализ результатов моделирования и проведено корректирование управляющей функции.*

**Ключевые слова:** параметрическое моделирование, органоструктура, граф, управляющая функция.

**Е. А. Gladchuk**

### PARAMETRICAL SIMULATION OF THE NON-STABILITY STRUCTURE TECHNICAL SYSTEM

*There are bases and results of the non-stability structure parametrical simulation in a mode of immediate automated management. Simulation has base of the discrete mathematic and formal logic. The coherent graph was contracted. The decision of this graph with use Rosenberg – Karnopp's transformation and Kelly – Richardson's theorem gave the chance to receive corrective function of the quick managing director of an automated control system.*

**Key words:** parametrical simulation, organ structure, graph, function of management.

### 1. Введение.

В общем случае технологического процесса техническая система характеризуется неравенством краевых условий взаимодействия исполнительного органа и обрабатываемого продукта [1]. Этот фактор выражается в количественной нестабильности структуры технической системы, что приводит к нестабильности ее функциональных параметров. Например, при прокатке полос из-за неравенства краевых условий взаимодействия между прокатываемым металлом и рабочими валками прокатного стана, имеет место нестабильность кинематической и силовой цепей взаимодействия, что приводит к искажению кинематических, физико-механических и геометрических параметров, как исполнительного органа (валков), так и обрабатываемого продукта (прокатываемого металла) в процессе технологического процесса прокатки. Попытки автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) выработать и реализовать управляющее воздействие на краевые условия по текущим параметрам исполнительного органа и обрабатываемого продукта основываются на посылке, что структура такой системы стабильна в течение некоторого достаточно продолжительного промежутка времени, [2]. Однако это положение не имеет практической реализации. Таким образом, функция управляющего воздействия  $f(nW)$  АСУ ТП на техническую систему нестабильной структуры должна обязательно учитывать неравенство краевых условий взаимодействия исполнительного органа и обрабатываемого продукта [3].

## 2. Основное содержание и результаты работы.

Реализация управляющего воздействия АСУ ТП в режиме непосредственного автоматизированного управления технической системой возможна в том случае, если АСУ ТП использует адаптивные алгоритмы, построенные на моделях высокой степени адекватности [4] к конкретным условиям функционирования такой технической системы. При этом техническая система стабильной структуры является частным случаем технической системы нестабильной структуры, когда технический процесс характеризуется длительным постоянством параметров, что встречается в реальных условиях эксплуатации ограниченно [5]. Параметрическое моделирование позволяет добиться высокой адекватности модели при различных состояниях технической системы и условиях ее эксплуатации [6].

Цель исследования – повышение эффективности управляющих возможностей АСУ ТП путем выполнения параметрического моделирования технической системы нестабильной структуры в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом.

Задача исследования – корректировка функции управляющего воздействия  $f^{(nW)}$  АСУ ТП на техническую систему нестабильной структуры.

Параметры состояния технической системы нестабильной структуры  $\Sigma Y = \{y_1, \dots, y_n\}$  (где  $n \geq 1$  – количество весомых факторов) формируются как результат (рис.1):

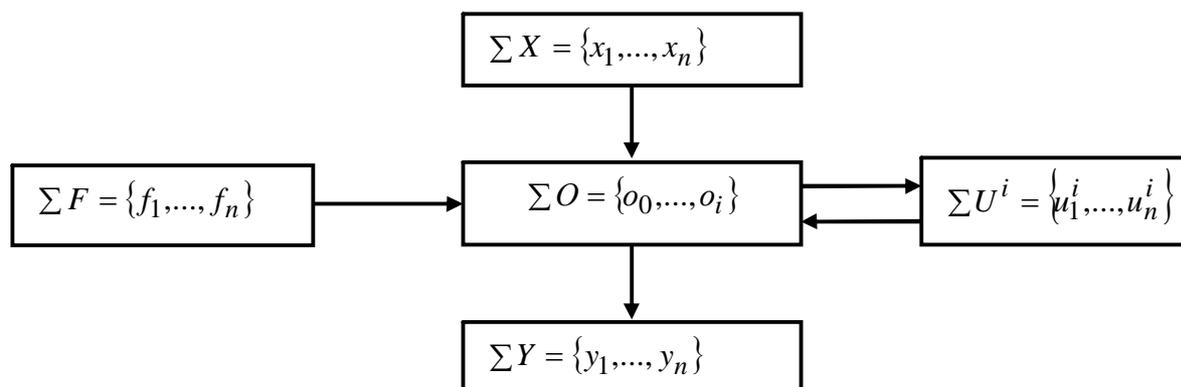


Рис. 1. Схема формирования параметров состояния технической системы нестабильной структуры.

$\Sigma X = \{x_1, \dots, x_n\}$  – набора входных параметров состояния;  $\Sigma F = \{f_1, \dots, f_n\}$  – набора внешних возмущающих факторов;  $\Sigma O = \{o_0, \dots, o_i\}$  – набора однозначных конечных параметров состояния обрабатываемого продукта, где  $i \geq 0$  – количество состояний обрабатываемого продукта ( $i = 0$  – до обработки,  $i \geq 1$  – в процессе обработки);  $\Sigma U^i = \{u_1^i, \dots, u_n^i\}$  – набора внутренних возмущающих факторов;

В соответствии с рис.1 органоструктура технической системы нестабильной структуры примет вид (рис.2):

где  $\Sigma E^i$  – крайевые условия взаимодействия исполнительного органа и обрабатываемого продукта;  $const$  – постоянные составляющие технической системы неста-

бильной структуры;  $inv$  – временные составляющие технической системы нестабильной структуры, которые возникают в конкретный момент времени в процессе функционирования такой системы.

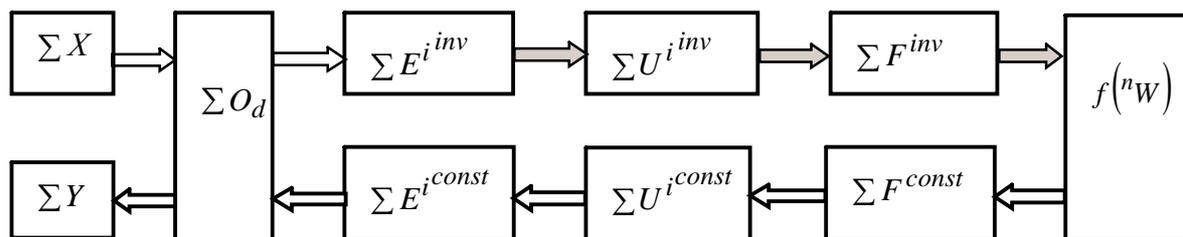


Рис. 2. Органоструктура технической системы нестабильной структуры.

Органоструктура технической системы нестабильной структуры в формализованном логическом описании приобретает вид

$$\Sigma X \Rightarrow \Sigma O_{d_n}^i = \begin{cases} \Sigma E_n^{i\,inv} \Leftrightarrow \Sigma U_n^{i\,inv} \Leftrightarrow \Sigma F_n^{i\,inv} \\ \Sigma E_n^{i\,const} \Leftrightarrow \Sigma U_n^{i\,const} \Leftrightarrow \Sigma F_n^{i\,const} \end{cases} \Rightarrow \Sigma Y, \quad (1)$$

В соответствии с (1) построен связной граф технической системы нестабильной структуры (рис.3)

Решение связного графа технической системы нестабильной структуры с использованием преобразования Розенберга – Карноппа и теоремы Ричардсона – Келли позволило получить в виде формализованного логического описания скорректированную функцию управляющего воздействия  $f(nW)$  АСУ ТП в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом такой технической системы (2).

$$f(nW) = \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} \Sigma E_n^{i\,inv} - \Sigma \left( \Sigma X_n^{i\,inv} + \Sigma U_n^{i\,inv} \right); \\ \Sigma U_n^{i\,inv} - \Sigma \left( \Sigma E_n^{i\,inv} + \Sigma F_n^{i\,inv} \right); \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \Sigma E_n^{i\,const} - \Sigma \left( \Sigma X_n^{i\,const} + \Sigma U_n^{i\,const} \right); \\ \Sigma U_n^{i\,const} - \Sigma \left( \Sigma E_n^{i\,const} + \Sigma F_n^{i\,const} \right); \end{array} \right. \end{cases} \quad (2)$$

Для технической системы нестабильной структуры «прокатный стан» параметры состояния имеют вид:  $\Sigma Y$  – параметры полосы (объем производства, сортамент, разнотолщинность  $\delta h, мм$ ; плоскостность  $A \cdot \lambda, мм \cdot м^{-1}$ ; относительное удлинение  $\delta, \%$ ; шероховатость  $R_a, мкм$ ; механические свойства  $KCV^{-60}$  и  $KCV^{-15}, МДж \cdot м^{-2}$ ;  $\Sigma X$

– параметры заготовки;  $\Sigma F$  – сопротивление пластической деформации;  $\Sigma O$  – параметры раската;  $\Sigma U^i$  – энергосиловые параметры прокатки;

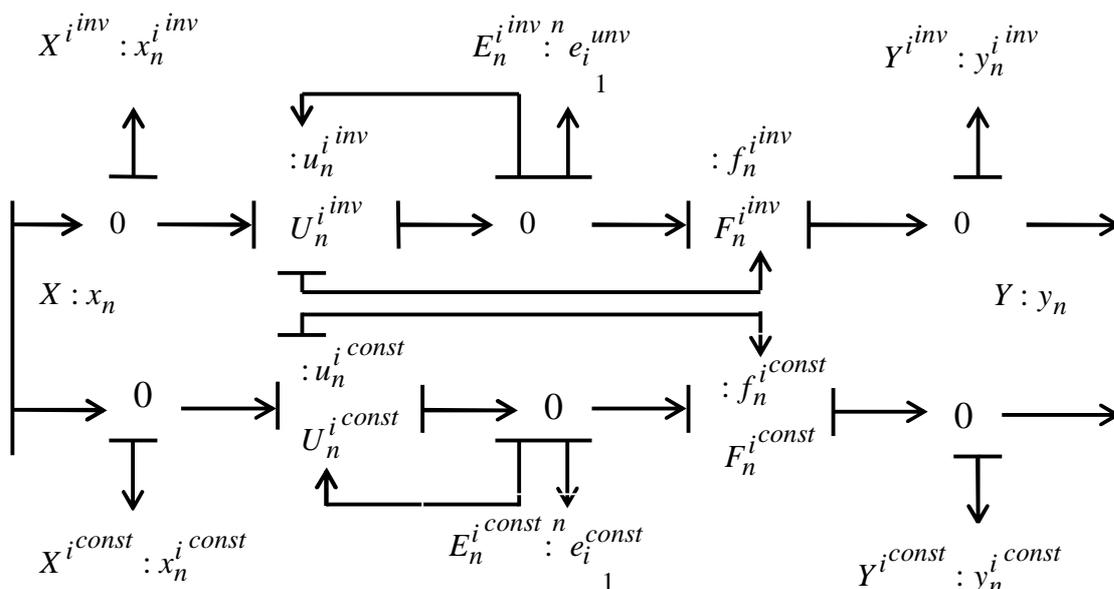


Рис. 3. Связной граф технической системы нестабильной структуры.

$\Sigma E^i$  – коэффициент трения между валками и раскатом в конкретных условиях прокатки полосы.

Параметрическое моделирование технической системы нестабильной структуры в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом было выполнено на примере прокатного стана 1700 ОАО ММК имени Ильича для полосы из стали 08Ю 8,0x1580 мм. Сравнительный анализ контролируемой прокатки и прокатки с скорректированной функцией управляющего воздействия  $f^{(nW)}$  АСУ ТП показал во втором случае улучшение параметров проката по геометрическим параметрам в среднем на 12,1%, а по механическим свойствам на 4,2%.

### 3. Общий алгоритм и рекомендации.

Выполненные исследования позволили разработать общий алгоритм, основанный на формализованном логическом описании общего случая функционирования технической системы нестабильной структуры. Получена в формализованном виде логического описания откорректированная функция управляющего воздействия  $f^{(nW)}$  АСУ ТП в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом технической системы нестабильной структуры.

### 4. Цифровые модели

В работе разработаны цифровые формализованные логические модели организационной структуры технической системы нестабильной структуры и функции управляющего воздействия  $f^{(nW)}$  АСУ ТП в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом технической системы нестабильной структу-

ры с применением в применении положений дискретной математики, теории множеств, анализа топологических групп и теории графов.

### **5. Заключение.**

Проведенные исследования позволили:

1. Выполнить корректировку функции управляющего воздействия  $f(nW)$  АСУ ТП на техническую систему нестабильной структуры в процессе непосредственного автоматизированного управления технологическим процессом такой технической системы.

2. Обеспечить улучшение параметров проката по геометрическим параметрам в среднем на 12,1%, а по механическим свойствам на 4,2%.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гладчук Е.А., Анализ переходного процесса в клети 2000 [Текст] / Е.А. Гладчук // Производство проката. – 2003. - № 4. – С. 31- 34.

2. Гладчук Е.А. Возможности управления геометрией и механическими свойствами толстого раската в общем случае процесса прокатки [Текст] / Е.А. Гладчук // Металлы и литьё Украины. – 2001. - № 1-2. – С. 35 - 38.

3. Гладчук Е.А. Основы оперативного управления индивидуальным приводом валков прокатной клети в общем случае процесса прокатки [Текст] / Е.А. Гладчук // Металлы и литьё Украины. – 2000. - № 7-8. – С. 52 - 54.

4. Buchacz A. Approximate method in analysis of mechatronics system modeled by hyper graphs // В сб. Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2011. Вып. 42. Т4 – С. 34 – 38.

5. Buchacz A. Exact and approximate methods of scientist mechatronic systems// В сб. Прогрессивные технологии и системы машиностроения. В 3-х томах – Донецк: ДонНТУ, 2013. Вып. 46. Т3 – С. 207 – 211.

6. Buchacz A., Placzek M. Comparison of exact and approximate methods in analyses one-dimensional mechanical system// В сб. Прогрессивные технологии и системы машиностроения. В 4-х томах – Донецк: ДонНТУ, 2011. Вып. 42. Т4 – С. 42 – 46.

Поступила в редколлегию 07.05.2016 г.