

УДК 681.3

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ТРАНСПОРТНОГО ЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА

Смолий В.Н.

Технологический институт

Восточноукраинского национального университета им. В.Даля (г. Северодонецк)

dr.Smoliy\_V@ukrpost.ne

### **Abstract**

*Smolij V.N. Case frame by production of transporting electronic vehicle. By the method of group account of argument the decision of the stochastic raising of task of operations management of electronic vehicles of transporting purpose is first got. Got and explored model of management process, the transmissions functions of links and public transmission function of the system are certain. A structure and parameters of the discrete system realizing directly process of operations management of transporting electronic vehicle is offered.*

### **Введение**

Рассматривая компьютерно - интегрированное производство электронных аппаратов, следует отметить, что произвести изделие с заданными параметрами и компоновкой, а тем более отвечающее заданным свойствам качества, надежности и резонансной устойчивости, непросто, хотя эту задачу необходимо решить, к тому же наложив ограничения на качественно-технические характеристики самого процесса производства. До настоящего времени для иерархии электронных аппаратов не сформулирован общий критерий компоновки элементов, позволяющий учесть механические (вибрационные, ударные, резонансные явления и эффекты, возникающих в ходе эксплуатации аппаратуры) воздействия, анализирующий схемотехнические, конструкторские, геометрические, тепловые и др. факторы и позволяющий интеллектуально идентифицировать задачу подстройки под условия эксплуатации электронного аппарата, предвидеть перегрузки и прогнозировать поведение исследуемого объекта во времени. Также отсутствует тенденция системного анализа рассматриваемой проблемы повышения надежности выпускаемого изделия при одновременном выполнении условий минимизации материально-технических затрат на производство. Поэтому разработка и исследование автоматизированной системы управления, решающей поставленные задачи для производства электронного аппарата, является актуальной и одновременно очень сложной.

### **Постановка проблемы**

Выделяя в управлении технологическим процессом производства электронного аппарата детерминированную и стохастическую составляющие, следует к особенностям детерминиро-

ванной постановки задачи отнести решение последовательных задач обеспечения частных параметров качества изготавливаемого изделия. Данная задача решается, но особый интерес представляет именно стохастическая составляющая, которая предполагает формирование экспериментально-статистических зависимостей для модели управления между входными (состояния, возмущения и управления), рассчитываемыми, почерпнутыми из литературных источников и полученными на производстве и систематизированными для последующей обработки, и выходным параметром для исследуемой системы. Поэтому особое внимание следует уделить вопросам построения функциональных зависимостей для управляющих воздействий и выходного сигнала рассматриваемой автоматизированной системы управления.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Непосредственно решение задачи построения математической модели объекта управления – технологического процесса производства электронных аппаратов, включая формирование математического описания, проведение экспериментальных исследований по проверке адекватности и формирование программно-технических комплексов для моделирования механических нагрузок блоков электронных аппаратов и их составляющих приведено в [1]. Здесь проиллюстрирован также механизм идентификации свойства эмерджентности рассматриваемой системы на основании математического аппарата обнаружения и моделирования эффекта резонансного взаимодействия электрорадиоэлементов с печатной платой. Обобщение результатов моделирования и формирование на их основе подсистемы моделирования предлагаемой автоматизированной системы управления производством электронного аппарата проиллюстрировано в [2].

Работы [3] и [4] решают вопросы построения системы управления рассматриваемым технологическим процессом производства и внедрения полученных результатов в учебный процесс при изложении профессионально ориентированных дисциплин. В частности, для решения задачи оптимального управления рассматриваемым технологическим процессом, в работах предлагается внести модификацию в существующий процесс производства. Подобного рода внедрение влечет за собой необходимость обоснования эффективности предпринимаемых попыток на основании механизмов исследования выгод и издержек, что возможно путем применения метода анализа иерархий [5], [6]. Выгоды и издержки носят экономический и управленческий характер [7]. В частности примером экономических выгод выступает экономия средств за счет исключения отбраковки, экономических издержек – затраты на обучение персонала, управленческих выгод - формализация знаний и опыта экспертов, управленческих издержек - необходимость согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым технологическим процессом производства. Содержание работ [5], [6] и [7] напрямую связано с решением задачи корреляции параметров технологического процесса в единый показатель его качества путем формирования функционала эффективности внедрения модификации в существующий технологический процесс производства на основании метода анализа иерархий.

В работе [8] показано применение метода группового учета аргумента для формирования и исследования функциональной взаимосвязи между критерием качества рассматриваемого технологического процесса и его вероятностными параметрами и характеристиками, систематизация которых позволит формализовать процесс принятия решений в процессе производства и составить алгоритмы функционирования системы поддержки принятия решений в производстве электронных аппаратов.

Работы [9] и [10] касаются непосредственно обобщения полученных моделей управления производством электронных аппаратов различного назначения, объекта установки и условий эксплуатации. В основе интеграции лежат логико-трансформационные правила преобразования информации, на основании которых была построена фреймовая модель представления знаний в общей схеме системы поддержки принятия решений для производства электронного аппарата. Модель является фреймовой исходя из того, что в цикле производства, опираясь на лицо принимающее решение, в системе поддержки принятия решений вырабатываются рекомендации по содержанию и последовательности выполнения управляющих воздействий, направленных на технологический объект. Данные рекомендации выдаются на основании результатов функциони-

рования вычислительных блоков моделей управления для производства электронного аппарата конкретного назначения.

### **Формулировка цели статьи и постановка задач исследований**

Целью данной статьи является построение модели управления производством транспортного электронного аппарата путем решения задачи формирования стохастической модели влияния параметров управления и состояния на выходные параметры процесса производства методом группового учета аргумента.

### **Основное содержание**

Для технологического процесса производства электронных аппаратов различного назначения было выделено тридцать один вид управляющих воздействий [8], поэтому необходимо выяснить какие из них для транспортного объекта являются входными, возмущающими или управляющими. Рассматривая задачу управления производством электронного аппарата, было обработано тридцать один цикл производства для транспортного исполнения электронного аппарата. Данные выборки были поделены на обучающую и проверочную. Согласно методу группового учета аргумента, описания первого ряда строились на всем ряду управляющих воздействий для объема обучающей выборки равной двадцати и объеме проверочной выборки составляющей десять исходов. Для каждой пары претендентов решается задача минимизации ошибки частного описания квадратичного типа методом наименьших квадратов. Для каждой пары претендентов определяются коэффициенты частного описания квадратичного типа и функция ошибки. Полученные данные для обучающей и проверочной выборок при производстве транспортного электронного аппарата имеют вид, приведенный в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Для каждого из анализируемых объектов выходной сигнал не должен превышать величину функционала эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства электронных аппаратов [6], иначе теряется смысл внедрения модификации в существующий технологический процесс производства электронного аппарата. В табл. 1 и 2 сведены полученные на производстве, из литературных источников и в процессе моделирования с помощью предложенных в [1] программно-технических комплексов моделирования механических нагрузок электронных аппаратов и их составляющих эмпирические зависимости между видом управляющего воздействия и количеством итераций его выполнения при улучшении параметров и компоновки производимого изделия. Данные зависимости являются исходными при формиро-

вании и исследовании функциональных зависимостей между видом воздействующих факторов (для рассматриваемого автоматизированного управления непосредственно управляющих воздействий на технологический объект управления) и параметрами технологического процесса производства электронных аппаратов. Для каждого набора выборок (табл. 1 и табл. 2) были определены текущие значения функционала эффек-

тивности, оценивающие эффективность данного рода управляющих воздействий для процесса производства электронного аппарата. Эти значения составляют обучающую и проверочную выборки для выходных сигналов рассматриваемого автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов.

Таблица 1. Обучающая выборка управляющих воздействий для транспортного электронного аппарата

№п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	10	8	9	10	8	3	5	4	1	7	2	3	4	2	3	2	3	1	3	4	7	3	6	4	6	5	8	4	5	7	4
1	8	8	8	9	6	4	6	3	2	6	3	4	4	2	3	0	4	0	4	3	6	3	6	3	6	5	9	4	5	8	3
2	9	7	8	10	7	5	4	4	3	8	1	2	3	1	4	1	3	2	3	3	8	4	5	4	7	4	8	3	6	7	4
3	9	9	8	8	7	3	4	4	0	7	1	4	4	1	2	2	3	1	2	4	7	3	6	3	6	5	8	4	4	7	3
4	8	8	9	9	6	4	5	5	1	8	3	2	3	1	2	3	4	1	3	5	8	4	7	2	6	5	8	5	5	8	5
5	10	9	7	9	8	4	5	5	2	8	2	3	4	2	3	2	3	2	4	3	6	3	7	3	7	4	9	4	6	7	4
6	10	9	8	8	9	3	6	3	3	6	3	4	5	3	4	2	4	1	3	4	7	3	6	3	6	5	7	5	5	7	3
7	8	9	10	8	8	3	4	4	2	7	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	8	2	6	4	7	4	8	3	5	8	4
8	9	9	9	10	9	3	5	5	1	6	3	4	4	2	2	2	4	1	3	4	7	4	7	3	5	4	8	4	5	9	3
9	10	8	8	10	7	4	4	4	2	7	2	2	3	2	3	3	3	1	2	4	8	3	5	4	5	5	9	3	4	7	4
10	10	8	9	9	7	3	5	4	3	8	1	2	5	2	4	2	4	2	3	3	6	3	6	3	6	4	9	4	5	6	6
11	9	9	8	8	6	5	5	5	1	6	3	4	5	3	4	1	4	0	3	4	7	4	7	4	7	4	8	5	5	8	6
12	9	7	9	9	8	5	6	4	1	7	2	3	4	1	3	2	3	1	3	4	8	3	7	3	5	5	8	4	4	8	4
13	8	7	10	9	8	3	5	3	2	6	2	3	3	1	3	1	3	1	2	3	8	3	6	2	5	5	9	4	5	7	3
14	9	8	8	10	7	3	4	4	3	6	3	2	4	2	3	1	4	0	3	4	7	3	5	4	6	4	7	4	5	7	4
15	10	7	9	10	6	5	5	4	2	8	3	4	4	2	4	2	3	2	3	3	8	4	5	3	5	7	8	4	5	7	3
16	10	7	9	9	7	5	5	5	2	7	2	4	3	3	2	2	4	2	4	4	6	3	6	4	4	5	8	3	6	8	5
17	9	7	9	9	8	4	6	5	2	7	2	3	5	2	2	2	4	1	3	4	7	4	6	3	6	4	9	5	5	7	4
18	9	8	8	8	8	3	6	4	3	8	3	3	5	1	3	1	4	1	3	3	8	3	5	4	6	5	7	5	5	6	5
19	8	9	9	9	7	3	5	4	1	6	3	4	4	2	3	3	3	2	3	3	7	3	6	2	5	5	8	3	6	6	4

Таблица 2. Проверочная выборка управляющих воздействий для транспортного электронного аппарата

№п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	9	8	10	7	7	4	6	3	1	7	4	4	5	3	4	3	1	4	3	3	8	4	7	3	5	4	8	4	6	7	5
1	8	9	10	7	6	5	7	2	0	8	5	3	6	2	3	2	2	3	2	4	7	5	8	3	4	3	8	5	7	8	4
2	8	9	9	7	8	6	8	3	0	7	3	3	5	2	4	3	3	3	2	3	7	6	7	2	6	4	8	4	7	9	5
3	9	10	10	8	7	4	7	3	1	7	4	4	6	4	5	4	2	4	3	4	9	6	7	2	5	3	9	4	6	8	5
4	7	8	8	9	7	4	7	3	2	9	5	3	7	2	3	3	2	4	2	3	9	6	7	3	6	4	7	3	5	8	4
5	8	8	10	8	8	5	7	3	2	8	5	2	5	2	5	4	2	5	2	3	8	4	8	2	5	5	7	5	5	7	5
6	9	10	9	7	6	4	6	2	0	7	4	3	6	3	4	4	2	4	4	4	8	5	8	2	5	3	8	5	6	8	5
7	8	9	9	7	7	6	6	3	1	8	3	3	7	3	3	3	3	4	3	3	8	6	7	3	5	4	9	4	7	8	6
8	9	9	10	7	7	5	8	4	0	9	3	3	6	3	4	3	1	3	4	3	8	4	7	1	5	5	8	4	6	9	5
9	7	9	10	8	6	5	7	3	1	8	4	4	5	2	4	3	0	3	3	4	8	4	7	3	4	3	8	3	6	8	4

Выходной сигнал для обучающей выборки по производству транспортного электронного аппарата имеет вид, приведенный в табл. 3. Выходной сигнал для проверочной выборки имеет вид, приведенный в табл. 4.

Принцип множественности моделей для производства транспортного электронного аппарата, полученных методом группового учета аргумента, заключается в том, что существует множество моделей на данной выборке, обеспечивающих минимальную ошибку (достаточно повышать степень полинома модели).

При определении функции минимума ошибки методом наименьших квадратов получаем, что целевая функция представляет собой ли-

нейную комбинацию изменяемых параметров. Параметры оптимизации при решении задачи поиска минимума также являются неотрицательными, что следует из вида полинома Колмогорова-Габора, поэтому на каждой итерации и для каждого ряда описаний осуществляем решение задачи линейного программирования. Для каждой пары претендентов определяются коэффициенты частного описания квадратичного типа и функция ошибки.

Таблиця 3. Вихідний сигнал для навчаючої виборки

№в/п	0
0	0.105
1	0.112
2	0.108
3	0.102
4	0.121
5	0.104
6	0.103
7	0.109
8	0.112
9	0.109
10	0.108
11	0.104
12	0.112
13	0.107
14	0.107
15	0.104
16	0.103
17	0.12
18	0.103
19	0.103

Таблиця 4. Вихідний сигнал для перевіркової виборки

№в/п	0
0	0.102
1	0.106
2	0.11
3	0.107
4	0.102
5	0.117
6	0.106
7	0.105
8	0.106
9	0.109

Сформированные частные описания квадратичного типа первого ряда селекции для обучающих выборок по управляющим воздействиям для транспортного электронного аппарата сведены в табл. 5.

Таблиця 5. Описания первого ряда селекции

Сочетания	$\{x^{<0>}, x^{<1>}\}$	$\{x^{<0>}, x^{<2>}\}$	...
Коэффициенты			
$a_0$	$-2.067 \times 10^{-8}$	$-1.686 \times 10^{-8}$	...
$a_1$	$5.832 \times 10^{-3}$	$8.638 \times 10^{-3}$	...
$a_2$	0.037	0.027	...
$a_3$	$-3.026 \times 10^{-5}$	$-2.631 \times 10^{-5}$	...
$a_4$	$-4.857 \times 10^{-4}$	$-6.136 \times 10^{-4}$	...
$a_5$	$-2.467 \times 10^{-3}$	$-1.505 \times 10^{-3}$	...
$\bar{\epsilon}^2$	$5.262 \times 10^{-4}$	$5.536 \times 10^{-4}$	...
Переход	-	-	...

В табл.5 коэффициенты  $a_i$  являются оценками неизвестных коэффициентов в полиноме Колмогорова-Габора, являющимися параметрами оптимизации при решении задачи поиска минимума величины  $\bar{\epsilon}^2$ , представляющей из себя критерий точности сгенерированной модели, определяющий участие данного частичного описания в последующих этапах селекции претендентов.

В соответствии с методом группового учета аргумента, двигаясь от конца алгоритма, с шага на котором получена минимальная погрешность аппроксимирующего полинома, к началу и, делая последовательную замену переменных, вычисляются выражения для искомой модели в исходном пространстве описаний.

Возможны следующие варианты селекции претендентов (рис.1), причем минимум промежуточных погрешностей частных описаний пре-

тендентов не всегда дает минимальную результирующую погрешность аппроксимирующего полинома, что необходимо исследовать и получить окончательный сценарий отбора варианта селекции.

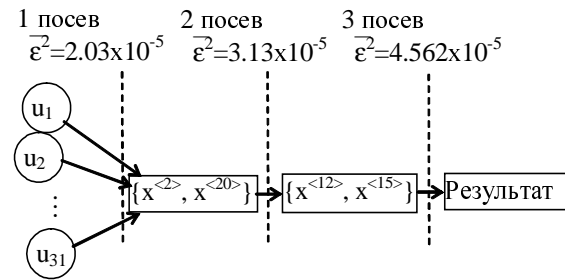


Рисунок 1 – Дерево селекции претендентов

На рис.1 изображен вариант селекции претендентов на основании ковариаций и квадратичных описаний для экспериментально-статистической модели производства транспортного электронного аппарата. Динамика погрешности исследуемой модели имеет вид, изображенный на рис.2.

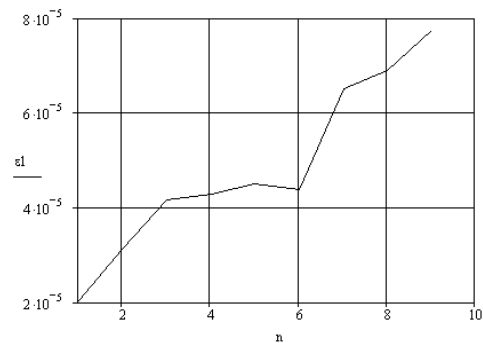


Рисунок 2 – Погрешность экспериментально-статистической модели

Динамика погрешности рассматриваемого дерева претендентов, приведенного на рис.2, характеризуется наличием локального и глобального оптимума, которые идентифицируются методом группового учета аргумента на четырехстах шестидесяти пяти промежуточных аргументах модели за восемь итераций. Полученный вариант экспериментально-статистической модели характеризуется соответствующим набором входных переменных, минимальной погрешностью и относительно высокой скоростью сходимости, что в свою очередь позволит во фреймах разрабатываемой интеллектуальной системы поддержки принятия решений для производства электронных аппаратов различного назначения предложить более гибкие сценарии достижения требуемых свойств производимого изделия и обеспечения оптимальных параметров технологического процесса их производства.

Для дерева селекції претендентів, ізображеного на рис.1, функціональна зависи-

мость вихідного сигналу від входних змінних має наступний вигляд

$$y(\bar{x}) = 2.163 - 3.553 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + 0.267 \cdot x_{20} - 3.593 \cdot 10^{-2} \cdot x_2 \cdot x_{20} + 4.790 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} \cdot x_{15} - 7.051 \cdot 10^{-3} \cdot x_2^2 + 9.4 \cdot 10^{-5} \cdot x_{12}^2 -$$

$$\left( \begin{array}{l} 2.864 \cdot 10^{-4} - 7.119 \cdot 10^{-4} \cdot x_2 + \\ 4.009 \cdot 10^{-4} \cdot x_2 \cdot x_{20} - \\ -2.974 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20} + \\ +7.868 \cdot 10^{-5} \cdot x_2^2 + 1.035 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20}^2 \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} 5.809 \cdot 10^{-6} - 1.444 \cdot 10^{-3} \cdot x_{12} + \\ +8.132 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} \cdot x_{15} - 6.033 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + \\ +1.596 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12}^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 \end{array} \right) +$$

$$+217.977 \cdot \left( \begin{array}{l} 5.809 \cdot 10^{-6} - 1.444 \cdot 10^{-3} \cdot x_2 + \\ +8.132 \cdot 10^{-4} \cdot x_2 \cdot x_{20} - \\ -6.033 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20} + \\ +1.596 \cdot 10^{-4} \cdot x_2^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20}^2 \end{array} \right)^2 + 1.099 \cdot \left( \begin{array}{l} 5.809 \cdot 10^{-6} - 1.444 \cdot 10^{-3} \cdot x_{12} + \\ +8.132 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} \cdot x_{15} - \\ -6.033 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + \\ +1.596 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12}^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 \end{array} \right)^2 - 8.505 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} + 6.38 \cdot 10^{-2} \cdot x_2$$

Виразення (1) приведено саме в такому вигляді для наочності і забезпечення компактності викладаного матеріалу.

Всі коефіцієнти ідентифікованого статистичної залежності (1) виходу від параметрів входу для транспортного електронного апарату визначаються з табл. 5 в відповідності з селекцією претендентів для забезпечення мінімальної погрешності в відповідності з [8].

З метою аналізу одержаної функціональної залежності, в частині визначення яких з розглянутих входних впливів є управлінними, збурюючими або параметрами стану, необхідно оцінити її чутливість по досліджуємих каналах. Сигнали на інших каналах вважаємо рівними нулю. В частині по каналу  $x_2 \rightarrow y$  одержана функціональна залежність наступного вигляду:

$$y(x_2) = -6.599 \cdot 10^{-3} \cdot x_2^2 + 2.163 + 6.379 \cdot 10^{-2} \cdot x_2 - 1.001 \cdot 10^{-4} \cdot x_2^3 + 5.529 \cdot 10^{-6} \cdot x_2^4 \quad (2)$$

Для каналу  $x_{20} \rightarrow y$  функціональна залежність має вигляд:

$$y(x_{20}) = -8.488 \cdot 10^{-2} \cdot x_{20}^2 + 2.163 + 0.267 \cdot x_{20} - 5.501 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20}^3 + 9.573 \cdot 10^{-4} \cdot x_{20}^4 \quad (3)$$

Функціональна залежність по каналу впливу  $x_{12} \rightarrow y$  наступна:

$$y(x_{12}) = 2.163 - 8.505 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} + 9.630 \cdot 10^{-5} \cdot x_{12}^2 - 5.066 \cdot 10^{-7} \cdot x_{12}^3 + 2.799 \cdot 10^{-8} \cdot x_{12}^4 \quad (4)$$

Канал впливу  $x_{15} \rightarrow y$  виглядає таким чином:

$$y(x_{15}) = 2.163 - 3.554 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + 1.277 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 - 2.784 \cdot 10^{-5} \cdot x_{15}^3 + 4.847 \cdot 10^{-6} \cdot x_{15}^4 \quad (5)$$

Для побудови системи управління об'єднуємо паралельно досліджуємі канали, на їх основі будемо будувати систему. В якості входного впливу по досліджуємих каналах була вибрана  $\delta(t)$ - функція. Визначаємо перетворення Лапласа для виразів (2)-(5), формуємо загальну передаточну функцію, яка буде мати вигляд:

$$W(s) = \frac{\left( \begin{array}{l} 2.163 \cdot 10^{19} \cdot s^4 - 4.505 \cdot 10^{17} \cdot s^2 + \\ +8.148 \cdot 10^{17} \cdot s^3 - 8.443 \cdot 10^{16} \cdot s + \\ +5.806 \cdot 10^{16} \end{array} \right)}{\left( \begin{array}{l} 2.5 \cdot 10^{18} \cdot s^5 + 2.162 \cdot 10^{19} \cdot s^4 + \\ +8.148 \cdot 10^{17} \cdot s^3 - 4.505 \cdot 10^{17} \cdot s^2 + \\ +5.806 \cdot 10^{16} - 8.443 \cdot 10^{16} \cdot s \end{array} \right)} \quad (6)$$

Задачу дослідження і забезпечення стійкості (6) необхідно розв'язувати спільно з ідентифікацією параметрів регуляторів в процесі формування загальної структури запропонованого автоматизованого управління для всіх каналів впливу, що надходять шляхом селекції в категорію управлінних впливів для електронних апаратів різного призначення.

Розглядаючи дискретну систему, для одержання імпульсної передаточної функції з одержаної неперервної функції (6), обмежуючись розглядом області частот суцільно менших частоти квантування, одержуємо передаточну функцію вигляду:

$$W(z) = \frac{z-1}{z} \left( \sum_{p_k} \frac{z}{z - e^{p_k T}} \text{Res}(W(p_k)) \right), \quad (7)$$

де  $p_k$  - полюси неперервної передаточної функції,  $\text{Res}(W(p_k))$ - вихід (коефіцієнт при  $p_k$  в розкладі в ряд Лорана неперервної передаточної функції (6)).

Після перетворення (6) і підстановки в (7), останнє вираження примет вигляд:

$$W(z) = \left( \frac{\frac{8.654 \cdot z}{z - e^{-8.61/T}} - \frac{(7.031 \cdot 10^{-4} + 1.989 \cdot 10^{-3} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-1.877 - 0.163 \cdot i/T}} - \frac{(7.031 \cdot 10^{-4} - 1.989 \cdot 10^{-3} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-1.877 + 0.163 \cdot i/T}} - \frac{(5.585 \cdot 10^{-4} - 9.658 \cdot 10^{-4} \cdot i) \cdot z}{z - e^{0.168 - 0.125 \cdot i/T}}}{\frac{(5.585 \cdot 10^{-4} + 9.658 \cdot 10^{-4} \cdot i) \cdot z}{z - e^{0.168 + 0.125 \cdot i/T}}} \right). \quad (8)$$

Аналізуючи (1) і (8), отримуємо, що лише чотири види управляючих впливів за допомогою запропонованих функціональних перетворень впливають на вихідний сигнал для розглянутого автоматизованого управління, тому в розв'язанні стохастическої постановки задачі автоматизованого управління виробництвом електронних апаратів, слід застосувати декомпозицію по сфері застосування або об'єкту установки вироблюваного електронного апарату. Розглядаючи структурну схему системи підтримки прийняття рішень у виробництві електронного апарату [9], слід особливо увагу звернути на фрагмент блоку генерації варіанта рішення для транспортного електронного апарату (рис.3).

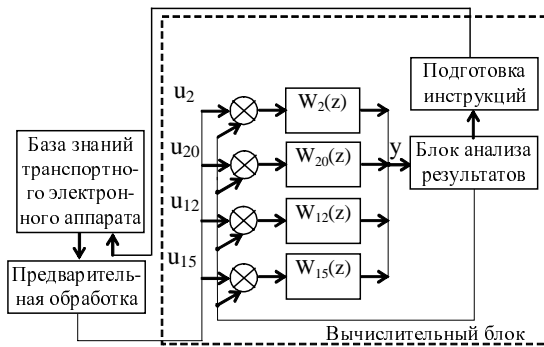


Рисунок 3 – Фрагмент структурної схеми системи підтримки прийняття рішень у виробництві електронного апарату транспортного призначення

В загальній структурній схемі системи підтримки прийняття рішень [8] у виробництві електронного апарату відповідно до декомпозиції задачі управління, застосовують шість блоків (в залежності від кількості введених класифікацій електронних апаратів) і для кожного з них буде своя база знань. Для електронних апаратів різних призначень обчислювальний блок буде визначатися структурою і параметрами, визначеними вираженнями типу (8). Так, виконуючи декомпозицію розглянутої системи управління, виділяємо підструктуру лише за ознакою призначення вироблюваного виробу.

Далі для кожної з систем виділяємо координати стану, збурюючі фактори і управляючі впливи, а далі за методом групового урахування аргументу формуємо модель вихідного сигналу. Далі підсистеми об'єднуємо в єдину систему управління і інтегруємо її в інтелектуальну систему підтримки

прийняття рішення, призначену для виробництва електронних апаратів.

Розглядаючи існуючі моделі представлення знань, зокрема представлення знань на основі семантичних мереж, фреймів і продукційних правил, слід звернути увагу саме на фреймову модель представлення знань, оскільки в розглянутому процесі управління мають місце логико-трансформаційні правила перетворення інформації, виду:

$$C_1; F_1, F_2, \dots, F_k; \{F_i\} \Rightarrow F^*; C_2, \quad (9)$$

де  $C_1$  – умова активації логико-трансформаційного правила;  $F_1, F_2, \dots, F_k$  – фрагменти мережі, які визначаються за допомогою операції пошуку фрагмента за образом,  $C_2$  – постулати, які вносять зміни в систему логико-трансформаційних правил.

Або з урахуванням (9) вираження (8) примет вид:

$$O_1; u_1, u_2, \dots, u_{31}; \{u_i\} \Rightarrow u^*; y(u^*), \quad (10)$$

де  $O_1$  – класифікатор об'єкта;  $u^*$  – фрагмент кортежу управляючих впливів, який в термінах методу групового урахування аргумента має вигляд  $\{x_2, x_{20}, x_{12}, x_{15}\}$ ,  $y(u^*)$  – визначається відповідно до (8).

Також у розглянутому автоматизованому управлінні виробництвом електронних апаратів, крім операцій з фрагментами, на мережах з знаків-фреймів виконуються і операції виводу на знаннях і операції формування нових фрагментів мережі за рахунок різноманітних операцій узагальнення [9].

При розв'язанні задачі управління у розглянутої системі виділяємо пряму і зворотню задачі. В прямій задачі розв'язують питання можливості виробництва виробу після виконання над ним на етапі компоновки визначеної за змістом і послідовністю обробки, а в зворотній задачі визначається, як не виходячи з обмежень, пов'язаних з ефективністю застосування знову введеної в систему налаштування виробити виріб з потрібними властивостями вібраційної і ударної стійкості, вимог надійності при оптимальних параметрах технологічного процесу виробництва.

Основним напрямком подальших досліджень є побудова і дослідження загальної передаточної функції системи управління і локальних підсистем, відповідальних за конкретні вироблювані об'єкти і генерація на

их основе структуры системы автоматизированного управления технологическим процессом производства электронных аппаратов различного назначения.

### Выводы

Впервые составлены статистические выборки для процессов производства транспортных электронных аппаратов, отвечающие предельному значению функционала эффективности внедрения модификации в существующий технологический процесс производства. Выборки носят стохастический характер, поделены на обучающую и проверочную, и составляют основу математических моделей автоматизированного управления для производства транспортных электронных аппаратов.

Впервые полученные методом группового учета аргумента посредством полинома Колмогорова-Габора и частных описаний квадратичного типа первого и последующих рядов селекции стохастические зависимости, дают возможность произвести классификацию входных воздействий на параметры состояния и возмущения и непосредственно управляющие воздействия, то есть дают инструменты для обеспечения экстремальных параметров и компоновки производимого объекта при построении интеллектуальной системы управления.

Впервые получена и исследована математическая модель автоматизированного управления для производства транспортных электронных аппаратов. Методом группового учета аргумента осуществлена селекция претендентов для регрессионной модели управления, оценена ее сходимість, точность и чувствительность, получены передаточные функции звеньев и общая передаточная функция системы управления. Это дало возможность синтезировать структуру и идентифицировать параметры дискретной системы, реализующей непосредственно процесс автоматизированного управления производством транспортного электронного аппарата.

### Литература

1. Смолий В.М. Автоматизация процесів виробництва блоків електронних апаратів: Монографія. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006. – 124 с.: табл. 11, іл. 56, бібліогр. 88 найм.
2. Патент України на корисну модель №25789. Спосіб моделювання процесу виробництва електронного апарату/ В.О.Ульшин, В.М.Смолий; Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля; Опубл. 27.08.2007; Бюл. № 13.
3. Смолий В.Н. Исследование методов для анализа системы автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. - 2007. – №1(14). - С. 67-72.
4. Смолий В.Н. Комплекс виртуальных лабораторных работ и практических заданий по учебным дисциплинам // Вісник СНУ ім. В.Даля. - 2007. – №11(117). - С. 148-153.
5. Смолий В.Н. Метод анализа иерархий для исследования системы управления процессом производства электронных аппаратов// Вісник Херсонського національного технічного університету. - 2007. – №4(27). - С. 428-432
6. В.А.Ульшин, В.Н. Смолий Применение метода анализа иерархий для исследования назначения, условий эксплуатации и особенностей процесса производства электронных аппаратов// Проблеми інформаційних технологій. – 2007. - №2 (002). – С. 106 – 111.
7. Смолий В.Н. Исследование управленческих издержек модифицированного процесса производства электронных аппаратов методом анализа иерархий // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2008.- Вип. 35. – С.185-192.
8. Смолий В.Н. Применение метода группового учета аргумента для построения системы поддержки принятия решений в производстве электронных аппаратов// Вестник Херсонского национального технического университета. - 2008. – № 1(30). - С.341-345: – Библиогр.: 5 назв.
9. Смолий В.Н. Автоматизоване управління процесом виробництва складноорганізованих технологічних об'єктів (на прикладі електронних апаратів) //Вісник СНУ ім.В.Даля.– 2008. - № 12 (130) - Ч.1 – С.16-26.
10. Смолий В.Н. Автоматизированное управление процессом производства электронных аппаратов// Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. - 2008. – №2(17). - С. 89-94.

Поступила в редколлегию 11.02.2009