

УДК 004.3

В.Н.Смолий
Технологический институт
Восточноукраинского национального университета им. В.Даля (г. Северодонецк)
dr.Smoliy_V@ukrpost.ne

Модель управления производством электронного аппарата авиационного назначения

С помощью метода группового учета аргумента впервые получено решение стохастической постановки задачи управления производством электронных аппаратов авиационного назначения. Получена и исследована модель управления процессом производства, оценены ее точность чувствительность и сходимость. Предложена структура и параметры автоматизированной системы, реализующей непосредственно процесс управления производством электронного аппарата авиационного назначения.

Ключевые слова: электронный аппарат, авиационное назначение, процесс производства, статистическая выборка, метод группового учета аргумента, автоматизированное управление, эффективность управления, метод анализа иерархий, поддержка принятия решений, лицо принимающее решение

Введение

Примером электронного аппарата авиационного назначения являются: электронная система контроля уровня жидкости в системе охлаждения, устройства связи, датчики поворота закрылок и др. Из примера видно, что часть электронных аппаратов формируют только потребительские свойства выпускаемых изделий, в то время, как другие – обеспечивают не только безопасное функционирование объектов, но и в целом при аварийных ситуациях могут повлиять на безопасность социального сообщества. Влияние внешних возмущений на блок электронного аппарата, приводит к возникновению ситуаций, когда имеет место обратимое нарушение функционирования, нарушение функционирования, приводящее к необратимым последствиям, и необратимые изменения и поломки. Внешние возмущения и возможные последствия опасны для электронных аппаратов авиационного назначения, так как приводят к неконтролируемому поведению и неадекватному функционированию, что недопустимо. Приведенные примеры являются наглядным подтверждением необходимости исследования влияния внешних возмущений, в частности вибрационных и ударных, на функционирование электронных аппаратов. Проблему обеспечения необходимой вибрационной устойчивости, надежности, предсказуемости поведения объекта в условиях эксплуатации следует решать для конструктивно оформленного готового изделия, то есть для блока электронного аппарата.

Постановка проблемы

Целью работы является повышение эффективности управления производством электронных аппаратов различного назначения и

объектов эксплуатации путем разработки автоматизированной системы управления, позволяющей повысить качество изделий, надежность, вибрационную и резонансную устойчивость, усовершенствовать компоновку элементов.

Анализ последних исследований и публикаций

Исследование вибромеханических характеристик электронных аппаратов рассмотрено в работе [1]. Работа [2] посвящена исследованию параметров и компоновки электронных аппаратов. Исследование эффективности управления производством электронных аппаратов различного назначения отражено в работе [3]. Разработка автоматизированной системы управления производством электронных аппаратов различного назначения проиллюстрированы в работах [4, 5]. Непосредственно решение задачи идентификации модели управления, селекции претендентов, формирования частных описаний квадратичного типа, оптимизации параметров модели, минимизации погрешности для электронных аппаратов различного назначения отражено в работе [6].

Формулировка цели статьи и постановка задач исследований

Целью данной статьи является построение модели управления производством электронного аппарата авиационного назначения путем решения задачи формирования стохастической модели влияния параметров управления и состояния на выходные параметры эффективности управления процессом производства электронных аппаратов методом группового учета аргумента.

Основное содержание

Для управления процессом производства электронных аппаратов различного назначения было выделено тридцать один вид управляющих воздействий [6], поэтому необходимо выяснить какие из них для электронного аппарата авиационного назначения являются входными, возмущающими или управляющими. Рассматривая задачу управления производством электронного аппарата, было обработано тридцать один цикл производства для электронного аппарата авиационного назначения. 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 электронного аппарата авиационного назначения имеют вид, приведенный в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Для каждого из анализируемых объектов выходной сигнал не должен превышать допустимую величину эффективности управления

процессом производства электронных аппаратов [6], иначе теряется смысл внедрения предлагаемой автоматизированной системы управления в существующий 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 формировании и исследовании функциональных зависимостей между видом воздействующих факторов (для рассматриваемого автоматизированного управления непосредственно управляющих воздействий на технологический объект управления) и параметрами управления процесса производства электронных аппаратов. Для каждого набора выборок (табл. 1 и табл. 2) были определены текущие значения эффективности, 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 электронного аппарата авиационного назначения

	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	7	5	7	5	6	5	7	4	2	2	3	3	6	4	5	6	7	5	6	5	1	6	7	6	4	3	4	7	7	9	3
1	7	6	6	6	6	6	8	5	3	2	4	1	5	4	3	7	5	5	7	7	1	7	7	5	3	2	6	6	7	7	2
2	6	6	8	6	7	6	7	4	3	1	5	2	6	4	4	8	6	4	8	6	0	4	8	7	5	4	5	8	8	6	1
3	8	6	7	7	7	4	6	4	4	1	4	3	4	4	2	6	7	6	7	8	2	6	6	5	3	3	4	8	8	8	2
4	7	7	6	8	6	5	7	5	4	2	4	2	6	3	2	7	5	5	6	6	1	6	9	5	4	5	5	7	8	6	3
5	7	5	7	7	6	5	8	5	3	3	3	3	7	3	3	7	6	4	8	5	2	7	9	7	4	2	4	6	9	8	2
6	7	6	6	6	5	4	6	3	3	2	4	3	5	3	4	6	6	5	6	8	2	6	8	6	3	2	6	8	9	9	1
7	6	6	6	6	6	5	7	4	2	1	5	3	7	5	3	7	7	6	7	6	2	7	8	6	4	3	4	6	8	7	2
8	7	6	8	7	7	4	6	5	2	2	4	2	5	3	2	8	6	4	7	7	1	4	7	7	4	4	6	5	7	7	1
9	8	5	7	6	5	4	6	5	4	3	3	2	5	4	3	6	5	5	6	7	0	5	8	5	3	2	5	8	7	7	3
10	8	5	7	8	6	5	8	4	2	3	4	2	6	5	4	7	5	6	8	8	2	5	8	6	5	3	4	7	9	9	2
11	7	7	7	7	6	4	7	5	4	3	5	1	6	5	4	8	7	6	6	7	1	5	9	7	3	3	5	6	7	9	1
12	6	6	6	6	7	5	7	4	3	2	5	3	7	4	3	7	7	5	7	6	2	6	9	5	5	4	4	6	9	7	4
13	7	5	6	5	5	6	6	3	2	1	5	3	7	3	3	7	6	6	8	7	0	7	8	5	3	2	6	6	7	7	2
14	7	7	7	8	6	6	6	5	4	1	3	2	6	4	3	6	5	6	6	8	2	7	7	7	4	2	5	7	9	8	4
15	8	5	8	7	6	5	8	4	2	3	3	4	5	5	4	7	7	4	7	7	2	8	9	6	5	3	4	7	8	9	1
16	8	6	8	6	5	4	7	5	3	2	4	1	7	4	2	8	6	4	8	6	2	7	8	5	5	4	5	7	7	7	2
17	8	7	7	7	5	6	6	3	4	3	4	3	6	4	2	8	6	6	7	7	0	7	7	7	3	2	6	8	7	7	3
18	8	6	6	5	5	5	8	4	3	2	4	3	6	3	3	6	6	4	6	7	2	6	9	6	4	4	5	7	9	9	2
19	7	6	7	6	6	4	7	3	2	1	5	2	7	4	3	7	5	5	7	8	1	8	8	6	3	2	4	6	8	7	1

Таблиця 2. Проверочная выборка управляющих воздействий для электронного аппарата авиационного назначения

	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	8	6	9	7	6	3	5	4	2	6	3	3	4	2	4	1	1	5	2	3	3	7	4	6	4	5	2	8	5	7	3
1	7	5	8	6	6	5	6	4	3	5	2	2	3	1	5	0	1	6	1	5	2	8	5	7	3	6	0	7	6	6	2
2	8	7	8	7	5	4	4	5	2	6	1	2	2	2	3	2	0	7	3	4	4	6	6	8	2	5	3	9	5	8	3
3	6	6	7	6	7	3	5	5	3	4	2	4	5	0	3	1	2	6	1	3	1	9	5	8	4	7	2	8	4	7	3
xp = 4	7	7	9	7	7	3	4	4	2	5	3	1	3	2	5	3	2	7	3	4	3	7	6	9	3	6	1	8	4	6	4
5	8	5	8	6	5	5	6	5	1	6	1	2	2	0	3	1	1	6	1	5	4	6	4	7	3	6	2	9	6	6	2
6	7	6	7	7	6	4	6	3	1	5	2	3	5	2	4	0	1	5	1	3	1	9	6	8	2	5	3	7	5	5	1
7	6	5	9	7	5	3	4	3	2	4	1	1	4	1	3	2	1	7	2	5	2	7	4	6	3	6	3	8	4	6	3
8	6	6	8	7	7	4	5	4	3	5	3	3	4	2	4	1	0	6	2	5	2	8	4	8	4	7	2	7	6	5	2
9	7	7	7	8	6	4	4	5	1	4	1	4	3	0	3	2	2	5	3	4	4	8	6	7	2	5	2	9	5	7	3

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

Принцип множественности моделей для производства электронного аппарата авиационного назначения, 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 линейную 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. Выходной сигнал для обучающей выборки

0	1	2	3	4	5	...
0.18	0.172	0.181	0.176	0.179	0.184	...

Таблиця 4. Выходной сигнал для проверочной выборки

0	1	2	3	4	5	...
0.178	0.18	0.176	0.183	0.172	0.177	...

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

В табл.5 коэффициенты a_i являются оценками неизвестных коэффициентов в полиноме Колмогорова-Габора, являющимися параметрами оптимизации при решении задачи поиска мини-

мума величины $\overline{\varepsilon^2}$, представляющей из себя критерий точности сгенерированной модели, определяющий участие данного частичного описания в последующих этапах селекции претендентов.

Таблиця 5. Описание первого ряда селекции

Сочетания	{x<0>, x<1>}	{x<0>, x<2>}	...
Коэффициенты			
a_0	1.79×10^{-7}	5.081×10^{-8}	...
a_1	0.019	0.033	...
a_2	-5.6×10^{-3}	2.399×10^{-3}	...
a_3	1.518×10^{-4}	5.025×10^{-5}	...
a_4	-1.388×10^{-3}	-2.431×10^{-3}	...
a_5	5.293×10^{-4}	4.605×10^{-5}	...
$\overline{\varepsilon^2}$	4.253×10^{-3}	3.582×10^{-4}	...
Переход	-	-	...

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.

Варианты селекции образуют дерево селекции претендентов, возможные варианты селекции претендентов изображены на рис. 1.

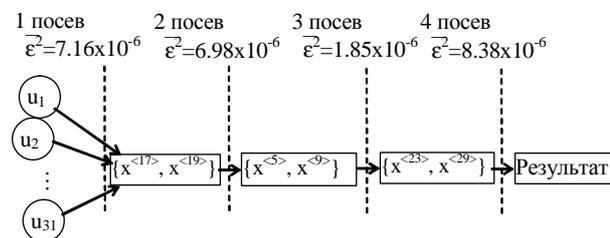


Рисунок 1 – Дерево селекции претендентов

Изменение погрешности исследуемой модели имеет вид, изображенный на рис. 2. Изменение погрешности рассматриваемого дерева претендентов $\{\{x^{<17>}, x^{<19>}\}, \{x^{<5>}, x^{<9>}\}, \{x^{<23>}, x^{<29>}\}\}$, приведенного на рис. 2, характеризуется наличи-

ем выраженного оптимума, который идентифицируется методом группового учета аргумента на четырехстах шестидесяти пяти промежуточных аргументах модели за четыре итерации.

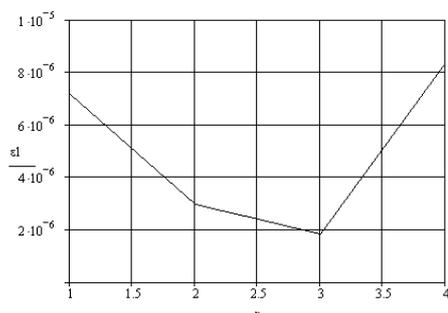


Рисунок 2 – Погрешность экспериментально-статистической модели

Все коэффициенты рассматриваемой идентифицированной статистической зависимости выхода от параметров входа для электронного аппарата авиационного назначения определяются из табл. 5 в соответствии с селекцией претендентов для обеспечения минимальной погрешности аппроксимирующего полинома.

С целью анализа полученной функциональной зависимости, в частности определения какие из рассматриваемых входных воздействий являются управляющими, возмущающими или параметрами состояния, необходимо оценить ее чувствительность по исследуемым каналам. Сигналы на остальных каналах полагаем равными нулю. В частности по каналу $x_5 \rightarrow y$ получена функциональная зависимость следующего вида:

$$y_{x_5 \rightarrow y} = 3.674 + 1.985 \cdot 10^{-8} \cdot x_5 - 6.368 \cdot 10^{-9} \cdot x_5^2 - 2.963 \cdot 10^{-7} \cdot x_5^3 + 5.060 \cdot 10^{-8} \cdot x_5^4 - 3.248 \cdot 10^{-9} \cdot x_5^5 - 4.153 \cdot 10^{-7} \cdot x_5^6 - 6.546 \cdot 10^{-8} \cdot x_5^7 + 5.385 \cdot 10^{-7} \cdot x_5^8. \quad (1)$$

Для канала x_9 была получена следующая модель влияния:

$$y_{x_9 \rightarrow y} = 3.674 + 5.332 \cdot 10^{-8} \cdot x_9 + 4.371 \cdot 10^{-9} \cdot x_9^2 + 6.211 \cdot 10^{-7} \cdot x_9^3 + 8.540 \cdot 10^{-8} \cdot x_9^4 + 4.865 \cdot 10^{-9} \cdot x_9^5 - 1.345 \cdot 10^{-8} \cdot x_9^6 + 2.472 \cdot 10^{-7} \cdot x_9^7 + 5.853 \cdot 10^{-8} \cdot x_9^8. \quad (2)$$

Канал x_{17} имеет следующую модель влияния:

$$y_{x_{17} \rightarrow y} = 3.674 + 4.235 \cdot 10^{-9} \cdot x_{17} + 2.783 \cdot 10^{-8} \cdot x_{17}^2 + 9.235 \cdot 10^{-9} \cdot x_{17}^3 - 6.142 \cdot 10^{-8} \cdot x_{17}^4 + 8.234 \cdot 10^{-8} \cdot x_{17}^5 + 7.345 \cdot 10^{-7} \cdot x_{17}^6 - 6.225 \cdot 10^{-8} \cdot x_{17}^7 + 1.059 \cdot 10^{-9} \cdot x_{17}^8. \quad (3)$$

Для канала x_{19} была получена следующая модель влияния:

$$y_{x_{19} \rightarrow y} = 3.674 + 5.835 \cdot 10^{-10} \cdot x_{19} - 6.104 \cdot 10^{-8} \cdot x_{19}^2 - 1.416 \cdot 10^{-8} \cdot x_{19}^3 + 4.592 \cdot 10^{-9} \cdot x_{19}^4 + 1.243 \cdot 10^{-10} \cdot x_{19}^5 +$$

$$+ 7.024 \cdot 10^{-8} \cdot x_{19}^6 - 6.934 \cdot 10^{-9} \cdot x_{19}^7 + 6.385 \cdot 10^{-10} \cdot x_{19}^8. \quad (4)$$

Модель влияния канала x_{23} имеет вид:

$$y_{x_{23} \rightarrow y} = 3.674 - 8.184 \cdot 10^{-9} \cdot x_{23} + 4.345 \cdot 10^{-10} \cdot x_{23}^2 + 3.404 \cdot 10^{-8} \cdot x_{23}^3 - 6.022 \cdot 10^{-8} \cdot x_{23}^4. \quad (5)$$

Для канала x_{29} модель влияния имеет вид:

$$y_{x_{29} \rightarrow y} = 3.674 + 2.195 \cdot 10^{-9} \cdot x_{29} + 6.847 \cdot 10^{-8} \cdot x_{29}^2 + 5.583 \cdot 10^{-10} \cdot x_{29}^3 - 4.631 \cdot 10^{-9} \cdot x_{29}^4. \quad (6)$$

Анализируя (1) - (6), получаем кортеж управляющих воздействий, способный влиять на выходной сигнал для рассматриваемого автоматизированного управления посредством предложенных функциональных преобразований. В решении стохастической постановки задачи автоматизированного управления производством электронных аппаратов, была применена декомпозиция по сфере применения и объекту установки производимого электронного аппарата.

В общей структурной схеме системы поддержки принятия решений [4] в производстве электронного аппарата в соответствии с декомпозицией задачи управления, применяют шесть блоков (в зависимости от количества введенных классификаций электронных аппаратов) и для каждого из них будет своя база знаний. Для электронных аппаратов различных назначений вычислительный блок будет определяться структурой и параметрами, определяемыми выражениями типа (1) - (6). Так, выполняя декомпозицию рассматриваемой системы управления, выделяем подструктуры лишь по признаку назначения производимого изделия.

Далее для каждой из систем выделяем координаты состояния, возмущающие факторы и управляющие воздействия, а далее по методу группового учета аргумента формируем модель выходного сигнала. Далее подсистемы объединяем в единую систему управления и интегрируем ее в интеллектуальную систему поддержки принятия решения, предназначенную для производства электронных аппаратов.

Рассматривая существующие модели представления знаний, в частности представление знаний на основе семантических сетей, фреймов и продукционных правил, следует обратить внимание именно на фреймовую модель представления знаний из-за того, что в рассматриваемом процессе управления имеют место логико-трансформационные правила преобразования информации, вида:

$$C_1; F_1, F_2, \dots, F_k; \{F_i\} \Rightarrow F^*; C_2, \quad (7)$$

где C_1 - условие активизации логико-трансформационного правила; F_1, F_2, \dots, F_k - фрагменты сети, которые определяются с по-

мощью операции поиска фрагмента по образцу, C_2 – постуловия, которые вносят изменения в систему логико-трансформационных правил.

Или с учетом (1) – (6) выражение (7) примет вид:

$$O_1; u_1, u_2, \dots, u_{31}; \{u_i\} \Rightarrow u^*; y(u^*), \quad (8)$$

где O_1 – классификатор объекта; u^* – фрагмент кортежа управляющих воздействий, который в терминах метода группового учета аргумента имеет вид $\{x_2, x_{11}, x_{12}, x_{14}, x_{21}, x_{26}\}$, $y(u^*)$ – определяется в соответствии с (1) – (6).

Также в рассматриваемом автоматизированном управлении производством электронных аппаратов, кроме операций с фрагментами, на сетях из знаков-фреймов выполняются и операции вывода на знаниях и операции формирования новых фрагментов сети за счет разнообразных операций обобщения [4].

При решении задачи управления в рассматриваемой системе выделяем прямую и обратную задачи. В прямой задаче решаются вопросы возможности производства изделия после выполнения над ним на этапе компоновки определенной по содержанию и последовательности обработки, а в обратной задаче определяется, как не выходя из ограничений, связанных с эффективностью применения вновь введенной в систему надстройки произвести изделие с требуемыми свойствами вибрационной и ударной устойчивости, требований надежности при оптимальных параметрах процесса производства.

Для исследования эффективности управления производством электронных аппаратов различного назначения (табл. 3 и табл. 4) введены в рассмотрение классификационные признаки, которые составляют свойства объекта, носящие экономический и управленческий характер, определяемые методом анализа иерархий. Признак классификации объектов, названный функциональной зависимостью для исследования эффективности управления производством, имеет вид:

$$J = P_1 \cdot \left(K_1 \cdot \left(L_1 \cdot y_1 + L_2 \cdot y_2 + \right) + \right. \\ \left. + K_2 \cdot \left(L_5 \cdot y_5 + L_6 \cdot y_6 + \right) \right) + \\ + P_2 \cdot \left(K_3 \cdot \left(L_8 \cdot y_8 + L_9 \cdot y_9 + \right) + \right. \\ \left. + K_4 \cdot \left(L_{13} \cdot y_{13} + L_{14} \cdot y_{14} + \right) \right), \quad (9)$$

где P_b, K_j, L_f – коэффициенты, y_f – признаки.

Анализируя (9), следует обратить внимание на то, что данная функциональная зависимость имеет аддитивный вид, свободна от излишней сложности для рассматриваемого случая оценки приоритетов и может быть использована для исследования процессов управления производством объектов различной природы на предмет анализа выделенных классификационных признаков. Величины коэффициентов модели индивидуальны для объектов различной природы и строятся на основании экспертных оценок и методе анализа иерархий. Вид (9) соответствует аддитивному виду критерия и предполагает простоту реализации при одновременном достаточном уровне точности, согласуясь при этом с иерархическими представлениями метода анализа иерархий. Количество и характер классификационных признаков соответствует наиболее полному представлению об анализе технико-экономических показателей процесса производства [4].

Возвращаясь к выражению (9), устанавливая приоритеты критериев, оценивая каждую из альтернатив в соответствии со шкалой относительной важности, проверяя согласованность суждений и анализируя необходимость пересмотра последних, были получены следующие значения коэффициентов и признаков (табл. 6).

Таблица 6. Значения коэффициентов и признаков

P_1	P_2	K_1	K_2	K_3	...
0.5	0.5	0.167	0.833	0.75	...
L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	...
0.726	0.428	0.227	0.176	0.12	...

Функциональная зависимость (9) не ориентирована на свойства, параметры и компоновку производимого объекта, но ориентирована на сложный, многостадийный и итерационный процесс производства электронного аппарата. Для процесса производства электронного аппарата должны быть получены коэффициенты аналогичные приведенным в табл. 6, по ним определено предельное значение эффективности управления производством электронных аппаратов и далее необходимо запускать на исполнение механизмы подстройки качества изделий, компоновки их элементов и виброустойчивости и надежности под назначение объекта производства и предъявляемые требования.

Основным направлением дальнейших исследований является построение и исследование моделей управления и локальных подсистем, отвечающих за конкретные производимые объекты и генерация на их основе структуры системы автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов различного назначения.

Выводы

Впервые составлены статистические выборки для процессов производства электронных аппаратов авиационного назначения, отвечающие предельному значению функционала эффективности управления процессом производства. Выборки носят стохастический характер, поделены на обучающую и проверочную, и составляют основу математических моделей автоматизированного управления для производства электронных аппаратов авиационного назначения.

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 электронных аппаратов авиационного назначения. Методом группового учета аргумента осуществлена селекция претендентов для регрессионной модели управления, оценена ее сходимость, точность и чувствительность. Это дало возможность синтезировать структуру и идентифицировать параметры системы, реализующей непосредственно процесс автоматизированного управления производством электронного аппарата авиационного назначения.

Литература

1. Смолий В.М. Автоматизация процесів виробництва блоків електронних апаратів: монографія / В.М. Смолий. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006. – 124 с.: табл. 11, іл. 56, бібліогр. 88 найм.
2. Спосіб моделювання процесу виробництва електронного апарату: патент України на корисну модель №25789 / В.О.Ульшин, В.М.Смолий; Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля; Опубл. 27.08.2007; Бюл. № 13.
3. Ульшин В.А. Применение метода анализа иерархий для исследования назначения, условий эксплуатации и особенностей процесса производства электронных аппаратов / В.А.Ульшин, В.Н. Смолий // Проблеми інформаційних технологій. – 2007. - №2 (002). – С. 106 – 111.
4. Смолий В.Н. Автоматизированное управление процессом производства электронных аппаратов / В.Н. Смолий // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2008. – №2(17). - С. 89-94.
5. Смолий В.Н. Базы знаний для электронных аппаратов различного назначения / В.Н. Смолий // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2009. – № 1 (34). - С. 121 - 126.
6. Смолий В.Н. Применение метода группового учета аргумента для построения системы поддержки принятия решений в производстве электронных аппаратов / В.Н. Смолий // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2008. – № 1(30). - С.341-345: – Библиогр.: 5 назв.

Надійшла до редакції 20.11.2010