

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ СТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА

Смолий В.Н. (ТИ ВНУ им. В.Даля г.Северодонецк, Украина)

In work the stochastic task of the automated operations management of electronic vehicle of stationary purpose is decided by dekompozitsyy of general task of management, research of entrances factors, division them on managers, entrances and revolting influences formings directly case frames by the method of group account of argument, that allows to form the structure of the system realizing these functions, to define its parameters and to offer the logical transformations rules of transformation of information in frames, constituents system of support of decision-making production of electronic vehicles.

Введение. Решая задачу оптимального управления технологическим процессом производства электронных аппаратов [1], было выделено в ее рассмотрении подзадачи построения модели объекта, формирования методов и принципов управления, установления функциональной зависимости критериев для оценки эффективности управления. Методом анализа иерархий был сформирован критерий эффективности внедрения модификаций в существующий технологический процесс производства. На основании обзора литературных источников, тестирования программно-технических комплексов моделирования механических нагрузок электронных аппаратов и их составляющих [1] и путем производственных испытаний были сформированы и систематизированы группы и типы управляющих воздействий для технологического процесса производства электронных аппаратов, позволяющих достичь у производимого объекта выполнения требований вибрационной устойчивости, подавления отрицательных последствий резонансных эффектов и адекватного поведения в условиях эксплуатации, определяемых назначением объекта и объектом его установки. Целью данной работы является формирование функциональной взаимосвязи между выходными параметрами и типами управляющих воздействий для стационарного электронного аппарата методом группового учета аргумента, позволяющей впоследствии сформировать логико-трансформационные правила преобразования информации для вычислительных фреймов и структуру вычислительного блока системы поддержки принятия решений для автоматизированного управления производством электронных аппаратов.

Основное содержание и результаты работы. Для технологического процесса производства электронных аппаратов различного назначения было выделено тридцать один вид управляющих воздействий, поэтому необходимо выяснить какие из них для стационарного объекта являются входными, возмущающими или управляющими. Рассматривая задачу управления процессом производства электронных аппаратов, было обработано тридцать один цикл производства для стационарного 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 стационарного 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 [2], иначе теряется смысл внедрения

модификации в существующий технологический процесс производства электронного аппарата.

Таблица 1. Обучающая выборка управляющих воздействий для стационарного электронного аппарата

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

Таблица 2. Проверочная выборка управляющих воздействий для стационарного электронного аппарата

sharpened annular																																
	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	
xp =	0	4	3	5	1	6	8	2	3	6	10	5	4	5	7	3	4	3	9	5	3	3	2	5	4	6	5	5	3	6	9	4
	1	5	3	6	0	5	9	1	3	5	10	6	4	5	8	3	5	2	10	6	4	3	1	5	3	7	6	6	4	7	10	4
	2	4	2	5	1	4	8	2	4	7	11	5	3	5	8	4	4	3	8	6	3	4	1	6	4	6	6	5	4	7	11	5
	3	3	4	4	2	6	7	3	4	6	11	4	5	4	7	2	4	2	9	5	4	4	2	5	4	8	7	6	4	6	9	4
	4	4	3	5	1	7	10	1	3	8	10	6	4	6	9	3	3	3	8	5	5	3	2	6	3	6	6	4	3	5	8	4
	5	4	4	4	1	5	8	1	2	6	10	6	2	5	8	3	4	4	9	6	5	3	0	5	4	5	7	5	2	5	9	3
	6	3	3	5	0	4	9	3	3	5	10	5	3	4	8	4	4	2	7	5	4	4	3	4	4	7	6	5	5	6	8	5
	7	4	2	5	2	3	8	4	3	5	9	4	5	6	7	3	3	3	8	5	3	3	1	5	3	8	5	5	3	7	10	3
	8	3	3	5	1	5	9	3	4	6	10	4	3	6	9	3	5	4	6	4	3	3	1	6	5	5	5	5	3	8	9	5
	9	5	3	6	1	6	10	3	3	7	10	5	4	5	8	4	5	3	1	6	4	4	1	5	3	6	6	4	3	9	11	4

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 технологического процесса производства электронных аппаратов. Для каждого набора выборок (табл. 1 и табл. 2) были определены текущие значения функционала 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.

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

Таблица 3. Выходной сигнал для обучающей выборки

$v_o =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	0	0.135	0.138	0.139	0.136	0.132	0.14	0.131	0.13	0.132	0.129	0.138	0.134	0.128	0.127	0.137	0.134	0.137	0.126	0.134	0.132

Таблица 4. Выходной сигнал для проверочной выборки

$v_p =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	0	0.134	0.138	0.13	0.129	0.132	0.131	0.129	0.126	0.136	0.135

Принцип множественности моделей для производства стационарного электронного аппарата, полученной методом группового учета аргумента [4], 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. Все рассчитанные величины для описания первого ряда сведены в табл. 5.

Таблица 5. Формирование частных описаний первого ряда квадратичного типа для обучающих выборок по управляющим воздействиям

Коэффициенты	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	$\overline{\varepsilon^2}$	Переход
Сочетания								
$\{x^{<0>}, x^{<1>}\}$	6.4×10^{-6}	-1.735×10^{-3}	0.01	8.96×10^{-4}	3.205×10^{-4}	-2.333×10^{-3}	4.555×10^{-4}	-
$\{x^{<0>}, x^{<2>}\}$	1.43×10^{-6}	3.876×10^{-3}	-6.996×10^{-4}	4.274×10^{-4}	-4.702×10^{-4}	8.727×10^{-5}	1.686×10^{-3}	-
$\{x^{<0>}, x^{<3>}\}$	4.793×10^{-6}	3.919×10^{-3}	7.579×10^{-4}	7.765×10^{-4}	-4.823×10^{-4}	-1.615×10^{-4}	8.896×10^{-3}	-
...

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

Возможны следующие варианты селекции претендентов (рис.1), причем минимум промежуточных погрешностей частных описаний претендентов не всегда дает минимальную результирующую погрешность аппроксимирующего полинома, что необходимо исследовать и получить окончательный сценарий отбора варианта селекции.

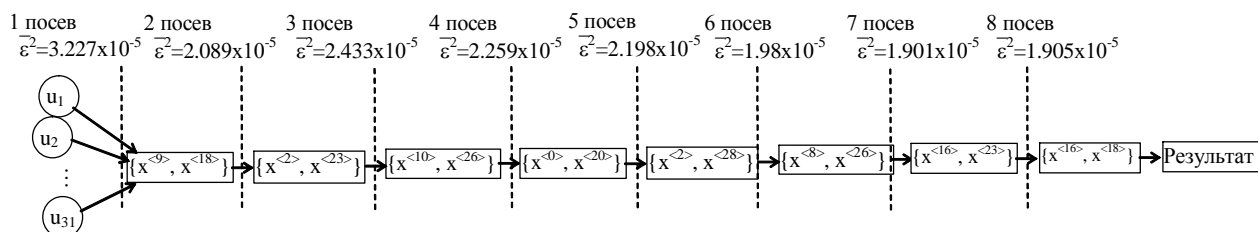


Рис. 1. Дерево селекции претендентов

На рис.1 изображен вариант селекции претендентов на основании ковариаций и квадратичных описаний для экспериментально-статистической модели производства стационарного электронного аппарата. Для рассматриваемого дерева селекции претендентов (рис. 1) динамика изменения погрешности модели имеет вид, изображенный на рис.2.

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 конкретным 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 селекции претендентов, изображенного на рис.1, функциональная зависимость выходного сигнала от входных переменных имеет сложный вид, поэтому

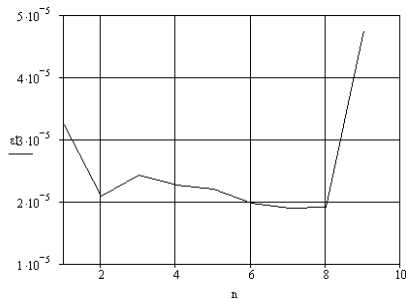


Рис. 2. Погрешность экспериментально-статистических моделей

здесь не приведена. Все коэффициенты идентифицированной статистической зависимости выхода от параметров входа для стационарного электронного аппарата определяются из табл. 5 в соответствии с селекцией претендентов для обеспечения минимальной погрешности в соответствии с [3].

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 $x_0 \rightarrow y$ получена функциональная зависимость следующего вида:

$$\begin{aligned}
 x_0 Y(x_0) = & 5.9028456595135901412 \cdot 10^{-5} \cdot x_0^2 - 2.5969971315256359044 \cdot 10^{-4} \cdot x_0 - 8.5975616380534327357 \cdot 10^{-10} \cdot x_0^5 + \dots \\
 & + 2.5577435790375362348 \cdot 10^{-7} \cdot x_0^4 - 2.4749157402251358382 \cdot 10^{-6} \cdot x_0^3 + 7.3157080735590616357 \cdot 10^{-11} \cdot x_0^6 + \dots \\
 & + 1.5939291985275314249 \cdot 10^{-23} \cdot x_0^{14} - 3.6647303098185416607 \cdot 10^{-22} \cdot x_0^{13} + 4.5474193509180769649 \cdot 10^{-20} \cdot x_0^{12} - \dots \\
 & + 1.2341652355701475957 \cdot 10^{-18} \cdot x_0^{11} + 3.9763147850847000947 \cdot 10^{-17} \cdot x_0^{10} - 7.0708811905875327140 \cdot 10^{-16} \cdot x_0^9 + \dots \\
 & + 1.3677393769741492675 \cdot 10^{-13} \cdot x_0^8 - 2.5875897430244703602 \cdot 10^{-12} \cdot x_0^7 + 5.6645671143389129502 \cdot 10^{-47} \cdot x_0^{28} - \dots \\
 & + 3.1907720261882231101 \cdot 10^{-45} \cdot x_0^{27} + 1.5717027809919567721 \cdot 10^{-43} \cdot x_0^{26} - 5.7113464863772851659 \cdot 10^{-42} \cdot x_0^{25} + \dots \\
 & + 5.1531340009564290919 \cdot 10^{-40} \cdot x_0^{24} - 2.4467401103321955854 \cdot 10^{-38} \cdot x_0^{23} + 1.0764637606582015807 \cdot 10^{-36} \cdot x_0^{22} - \dots \\
 & + 3.4350707371934140177 \cdot 10^{-35} \cdot x_0^{21} + 2.8318595986252305720 \cdot 10^{-33} \cdot x_0^{20} - 1.1383796407172810270 \cdot 10^{-31} \cdot x_0^{19} + \dots \\
 & + 4.4900147370297200025 \cdot 10^{-30} \cdot x_0^{18} - 1.2332387847932938629 \cdot 10^{-28} \cdot x_0^{17} + 1.2736651468361844115 \cdot 10^{-26} \cdot x_0^{16} - \dots \\
 & + 4.4031272541203849504 \cdot 10^{-25} \cdot x_0^{15} + 1.2076585942549597794 \cdot 10^{-50} \cdot x_0^{30} - 5.0507014767010911911 \cdot 10^{-49} \cdot x_0^{29} - \dots \\
 & + .35915839799541132144 + 2.6216004962877227347 \cdot 10^{-54} \cdot x_0^{32} - 2.0561828340401622544 \cdot 10^{-52} \cdot x_0^{31} \quad . (1)
 \end{aligned}$$

Далее определяем преобразование Лапласа для выражения (1). В качестве входного воздействия по исследуемым каналам была выбрана $\delta(t)$ - функция, поэтому передаточная функция по исследуемому каналу влияния $x_0 \rightarrow y$ будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
& \left(\begin{aligned}
& 1.3847830569842374753 \cdot 10^{24} \cdot s^{13} + 4.4657100358420696870 \cdot 10^{20} \cdot s^3 - 2.8746752290690299876 \cdot 10^{24} \cdot s^{14} - \dots \\
& + 5.2673098129625243776 \cdot 10^{30} \cdot s^{26} + 1.6907659687802555017 \cdot 10^{20} \cdot s - 1.3895602382141574578 \cdot 10^{26} \cdot s^{18} - \dots \\
& + 6.8896369043696171775 \cdot 10^{23} \cdot s^{12} + 5.7578566492554497854 \cdot 10^{25} \cdot s^{17} - 1.4429251092115359703 \cdot 10^{28} \cdot s^{22} + \dots \\
& + 2.2820351865630503148 \cdot 10^{26} \cdot s^{19} - 3.2033489580289856857 \cdot 10^{20} \cdot s^2 + 2.5969971315256359044 \cdot 10^{34} \cdot s^{31} - \dots \\
& + 6.3385431100299570542 \cdot 10^{21} \cdot s^6 - 3.1972537548106299865 \cdot 10^{22} \cdot s^8 + 2.5658813664404038712 \cdot 10^{28} \cdot s^{23} + \dots \\
& + 6.3253166288009194856 \cdot 10^{22} \cdot s^9 - 1.2099460504060390627 \cdot 10^{23} \cdot s^{10} + 1.7550100038968003100 \cdot 10^{23} \cdot s^{11} - \dots \\
& + 5.5147251679597698466 \cdot 10^{29} \cdot s^{24} + 4.9263926875206467549 \cdot 10^{27} \cdot s^{21} + 1.0317073965664119283 \cdot 10^{31} \cdot s^{27} + \dots \\
& + 4.3864753159136312908 \cdot 10^{24} \cdot s^{15} + 1.4849494441350815029 \cdot 10^{33} \cdot s^{29} + 8.8589894980438483989 \cdot 10^{21} \cdot s^7 - \dots \\
& + 1.7270604904327440417 \cdot 10^{21} \cdot s^4 + 3.4743900039210408946 \cdot 10^{21} \cdot s^5 - 1.1805691319027180282 \cdot 10^{34} \cdot s^{30} - \dots \\
& + 2.1782211449607203351 \cdot 10^{27} \cdot s^{20} + 1.3041452304843330615 \cdot 10^{30} \cdot s^{25} - 6.1385845896900869637 \cdot 10^{32} \cdot s^{28} - \dots \\
& + 2.6648628254922154397 \cdot 10^{25} \cdot s^{16} + 3.5915839799541132144 \cdot 10^{37} \cdot s^{32} - 68982393269397480177 \cdot s^{33}
\end{aligned} \right) \cdot (2)
\end{aligned}$$

Манипуляции (1) – (2) выполняют для каждого из каналов влияния исследуемой модели. Для построения системы управления производством стационарного электронного аппарата передаточные функции всех каналов влияния объединяем параллельно и на их основе строим следящую систему. Из-за значительной сложности передаточная функция разработанной системы управления не приведена.

Полученная модель управления производством стационарного электронного аппарата представляет собой 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, структура которой приведена в работе [4].

Заключение. В работе получена и исследована математическая модель автоматизированного управления для производства электронных аппаратов стационарного назначения. Методом группового учета аргумента осуществлена селекция претендентов для регрессионной модели управления, оценена ее сходимости, 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 стационарного электронного аппарата.

Список литературы: 1. Смолий В.М. Автоматизация процесів виробництва блоків електронних апаратів: Монографія. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2006. – 124 с.: табл. 11, іл. 56, бібліогр. 88 найм. 2. 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. 3. Ивахненко А.Г., Мюллер Й.Ф. Самоорганизация прогнозирующих систем. – Киев: Техніка, 1985. – 223 с. 4. 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.

Сдано в редакцию 19.01.2009