

## Особенности преподавания дисциплины «Основы автоматике и автоматизации производств»

Смолий В.Н.

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

Dr.smoliy\_V@ukrpost.net

### Abstract

*Smoliy V. N. "Features of teaching of discipline of "Basis of automation and automatization of productions" In-process the improved methodology of teaching of discipline "Basis of automation and automatization of productions" for the students of speciality 6.050902 "Radio electronic vehicles" offered by introduction of additional funds of educational-research work of student, providing establishment and assisting the realized application of mathematical design, research of transmission functions of the systems of adjusting, channels of influence, statement calculation directly for the process of production of electronic vehicles of the different setting and external environments.*

Keywords: educational-research work of student, electronic vehicles, mathematical design, research of transmission functions.

### Введение

В современных условиях работы высших учебных заведений необходимо привить студентам навыки анализа и обобщения получаемой информации. Эта задача может успешно решаться в рамках учебно-исследовательской работы студентов (УИРС). Особенностью УИРС является то, что эта работа включается в учебный план, и к выполнению индивидуальных заданий привлекаются все студенты учебной группы. При организации УИРС необходимо широко использовать возможности современной компьютерной техники, применение которой позволяет вывести учебно-исследовательскую работу на качественно новый уровень [1, 3]. Образовательный процесс в вузах должен преследовать три основные цели:

- интеллектуальное развитие, т.е. развитие умения мыслить, анализировать, сопоставлять, обобщать, делать прогнозы, планировать и т.п.;
- обучение, т.е. приобретение знаний, профессиональных навыков, развитие умения учиться и внутренней потребности в приобретении новых знаний;
- духовное развитие, т.е. развитие способностей постигать мир с помощью чувств, художественных образов, искусства, развитие умения чувствовать внутренний мир других людей и общаться с ними, закрепление моральных норм, как внутренней потребности духовно развитой личности.

Необходимым условием развития интеллектуальных способностей и высших типов мышления учащихся является фундаменталь-

ность образования. Этой цели должна служить вся совокупность предметов, изучаемых в высшей школе. В инженерном образовании основу этой совокупности составляют фундаментальные дисциплины, гуманитарные дисциплины и общинженерные дисциплины.

Рассматривая типовую программу подготовки бакалавров по специальности 6.050902 «Радиоэлектронні апарати», следует обратить внимание на необходимость развития понимания и восприятия у студентов дисциплины «Основы автоматике и автоматизации производств». Освоение студентами навыков выполнения УИРС необходимо для осознанного применения прививаемых знаний и умений исследований производств электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации. УИРС также важна для развития представлений и практических навыков для последующего выполнения бакалаврской или магистерской дипломной работы.

### Постановка задачи

Целью исследований является усовершенствование методики преподавания дисциплины «Основы автоматике и автоматизации производств» для студентов специальности 6.050902 «Радиоэлектронні апарати», путем введения дополнительных средств учебно-исследовательской работы студента, обеспечивающих установление и способствующих осознанному применению математического моделирования, исследования передаточных функций систем регулирования, каналов влияния, операторного исчисления непосредственно для про-

цесса производства электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации.

### Решение задачи

Согласно статистическим закономерностям для электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации неблагоприятные исходы наступают по ряду причин, причем устранение последних происходит в соответствии с максимальным значением вероятности соответствующих управляющих воздействий определенной последовательности и содержания. На предприятиях была собрана статистика непосредственно по видам управляющих воздействий и по количеству применения данного воздействия при производстве опытного образца электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации. Полученные данные представляют собой количество выполненных управляющих воздействий в процессе конструкторской подготовки производства, направленных на улучшение качественных характеристик, надежности, повышения вибрационной и резонансной устойчивости электронных аппаратов. Было обработано тридцать циклов конструкторской подготовки производства для каждого из вариантов исполнения электронного аппарата. Данные выборки были поделены на обучающую и проверочную по двадцать и десять штук соответственно.

В соответствии с методом группового учета аргумента, наиболее полная зависимость между входами  $X(i)$  и выходами  $Y(i)$  может быть представлена с помощью обобщенного полинома Колмогорова-Габор [2, 4]:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^N \sum_{i \leq j} a_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \dots + \sum_{i=1}^N \sum_{i \leq j} \sum_{k \leq j} a_{ijk} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_k + \dots \quad (1)$$

где  $a_i$  – неизвестные коэффициенты.

При построении модели, для определения значений коэффициентов, в качестве критерия используется критерий регулярности (точности):

$$\overline{\varepsilon^2} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - f(x_i))^2 \quad (2)$$

При этом необходимо отыскать такие значения параметров модели  $a_i$  в (1), при которых

$$\overline{\varepsilon^2} \rightarrow \min \quad (3)$$

Принцип множественности моделей для рассматриваемого случая заключается в том, что существует множество моделей на данной выборке, обеспечивающих нулевую ошибку (достаточно повышать степень полинома моде-

ли). Т.е. если имеется  $N$  узлов интерполяции, то можно построить целое семейство моделей, каждая из которых при прохождении через экспериментальные точки будет давать нулевую ошибку

$$\overline{\varepsilon^2} = 0 \quad (4)$$

Выбираем степень нелинейности не выше  $n-1$ , если  $n$  – количество точек выборки. Введем в рассмотрение сложность модели ( $S$ ), определяемую числом членов полинома Колмогорова-Габор. Значение ошибки (4) зависит от сложности модели. Причем по мере роста сложности сначала ошибка будет падать, а затем расти. Требуется выбрать такую оптимальную сложность, при которой ошибка будет минимальна.

Все коэффициенты при переменных в (1) определяются в соответствии с селекцией претендентов методом группового учета аргумента [5, 6].

Рассматривая полученный вид модели, следует оценить ее чувствительность по исследуемым каналам, сигналы на остальных каналах полагаем равными нулю. Одновременно определяем преобразование Лапласа для последующего получения передаточной функции по исследуемому каналу влияния.

Для каждого канала влияния получаем одномерную модель, полагая равными нулю все остальные каналы влияния, тем самым оценивая чувствительность модели к рассматриваемому управляющему воздействию.

После преобразования, приведения подобия и упрощения (1) для канала  $x_3$  была получена следующая модель влияния:

$$y_{x_3 \rightarrow y} = 6.1339 \cdot 10^{-3} - 1.5768 \cdot 10^{-5} \cdot x_3 + 8.1522 \cdot 10^{-6} \cdot x_3^2 + 4.5704 \cdot 10^{-9} \cdot x_3^3 - 1.1822 \cdot 10^{-9} \cdot x_3^4 + 9.2704 \cdot 10^{-14} \cdot x_3^5 - 1.5963 \cdot 10^{-14} \cdot x_3^6 - 9.3602 \cdot 10^{-18} \cdot x_3^7 + 1.2104 \cdot 10^{-18} \cdot x_3^8 \quad (5)$$

Здесь и далее исследуются функции действительного аргумента  $x_i$ , типа (5), которые являются интегрируемыми на любом конечном интервале оси  $t$ , полагаются равными нулю для всех отрицательных  $t$ , возрастают не быстрее показательной функции. Поэтому функции типа (5) являются преобразуемыми по Лапласу.

Преобразование Лапласа (5) имеет вид:

$$L\{y_{x_3 \rightarrow y}\} = 6.1339 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s - 1.5768 \cdot 10^{-5} \cdot 1/s^2 + 1.6304 \cdot 10^{-5} \cdot 1/s^3 + 2.7423 \cdot 10^{-8} \cdot 1/s^4 - 2.8374 \cdot 10^{-8} \cdot 1/s^5 + 1.1125 \cdot 10^{-11} \cdot 1/s^6 - 1.1494 \cdot 10^{-11} \cdot 1/s^7 - 4.7175 \cdot 10^{-14} \cdot 1/s^8 + 4.8805 \cdot 10^{-14} \cdot 1/s^9 \quad (6)$$

Для канала  $x_4$  была получена следующая модель влияния:

$$y_{x_4 \rightarrow y} = 6.1339 \cdot 10^{-3} + 5.2739 \cdot 10^{-3} \cdot x_4 - 1.8318 \cdot 10^{-3} \cdot x_4^2 - 1.0795 \cdot 10^{-5} \cdot x_4^3 + 1.930 \cdot 10^{-6} \cdot x_4^4 + 8.5962 \cdot 10^{-9} \cdot x_4^5 - 1.0619 \cdot 10^{-9} \cdot x_4^6 -$$

$$- 4.7176 \cdot 10^{-12} \cdot x_4^7 + 4.4311 \cdot 10^{-13} \cdot x_4^8. \quad (7)$$

Преобразование Лапласа (7) имеет вид:

$$L\{y_{x_4 \rightarrow y}\} = 6.1339 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s + 5.2739 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s^2 - 3.6635 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s^3 - 6.4768 \cdot 10^{-5} \cdot 1/s^4 + 4.6320 \cdot 10^{-5} \cdot 1/s^5 + 1.0315 \cdot 10^{-6} \cdot 1/s^6 - 7.6455 \cdot 10^{-7} \cdot 1/s^7 - 2.3777 \cdot 10^{-8} \cdot 1/s^8 + 1.7866 \cdot 10^{-8} \cdot 1/s^9. \quad (8)$$

Для канала  $x_7$  была получена следующая модель влияния:

$$y_{x_7 \rightarrow y} = 6.1339 \cdot 10^{-3} - 8.0169 \cdot 10^{-4} \cdot x_7 + 1.9259 \cdot 10^{-4} \cdot x_7^2 - 5.2117 \cdot 10^{-7} \cdot x_7^3 + 6.2687 \cdot 10^{-8} \cdot x_7^4 - 1.2644 \cdot 10^{-10} \cdot x_7^5 + 1.0139 \cdot 10^{-11} \cdot x_7^6 - 1.4517 \cdot 10^{-14} \cdot x_7^7 + 8.6695 \cdot 10^{-16} \cdot x_7^8. \quad (9)$$

Преобразование Лапласа (9) имеет вид:

$$L\{y_{x_7 \rightarrow y}\} = 6.1339 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s - 8.0169 \cdot 10^{-4} \cdot 1/s^2 + 3.8518 \cdot 10^{-4} \cdot 1/s^3 - 3.1271 \cdot 10^{-6} \cdot 1/s^4 + 1.5045 \cdot 10^{-6} \cdot 1/s^5 - 1.5173 \cdot 10^{-8} \cdot 1/s^6 + 7.2997 \cdot 10^{-9} \cdot 1/s^7 - 7.31678 \cdot 10^{-11} \cdot 1/s^8 + 3.4956 \cdot 10^{-11} \cdot 1/s^9. \quad (10)$$

Для канала  $x_9$  была получена следующая модель влияния:

$$y_{x_9 \rightarrow y} = 6.1339 \cdot 10^{-3} + 2.4162 \cdot 10^{-5} \cdot x_9 - 1.9062 \cdot 10^{-6} \cdot x_9^2 + 1.6273 \cdot 10^{-9} \cdot x_9^3 - 6.3762 \cdot 10^{-11} \cdot x_9^4 - 7.7064 \cdot 10^{-15} \cdot x_9^5 + 2.0423 \cdot 10^{-16} \cdot x_9^6 - 1.8011 \cdot 10^{-19} \cdot x_9^7 + 3.5328 \cdot 10^{-21} \cdot x_9^8. \quad (11)$$

Преобразование Лапласа (11) имеет вид:

$$L\{y_{x_9 \rightarrow y}\} = 6.1339 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s + 2.4162 \cdot 10^{-5} \cdot 1/s^2 - 3.8124 \cdot 10^{-6} \cdot 1/s^3 + 9.7641 \cdot 10^{-9} \cdot 1/s^4 - 1.5303 \cdot 10^{-9} \cdot 1/s^5 - 9.2477 \cdot 10^{-13} \cdot 1/s^6 + 1.4705 \cdot 10^{-13} \cdot 1/s^7 - 9.0771 \cdot 10^{-16} \cdot 1/s^8 + 1.4244 \cdot 10^{-16} \cdot 1/s^9. \quad (12)$$

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

$$y_{x_{19} \rightarrow y} = 6.1339 \cdot 10^{-3} + 2.1992 \cdot 10^{-3} \cdot x_{19} - 2.2274 \cdot 10^{-4} \cdot x_{19}^2 - 6.1947 \cdot 10^{-7} \cdot x_{19}^3 + 3.1796 \cdot 10^{-8} \cdot x_{19}^4. \quad (13)$$

Преобразование Лапласа (13) имеет вид:

$$L\{y_{x_{19} \rightarrow y}\} = 6.1339 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s + 2.1992 \cdot 10^{-3} \cdot 1/s^2 - 4.4548 \cdot 10^{-4} \cdot 1/s^3 - 3.7168 \cdot 10^{-6} \cdot 1/s^4 + 7.6311 \cdot 10^{-7} \cdot 1/s^5. \quad (14)$$

Полагая, что на вход системы в дискретные моменты времени поступают дискретные сигналы, в качестве входного воздействия по исследуемым каналам возьмем  $\delta(t)$ - функцию, для которой  $L\{\delta(t)\}=1$ . Для построения системы управления [2, 8], исследуемые каналы объединяем параллельно, на их основе строим следящую систему.

Рассматривая дискретную систему [3, 7], для получения импульсной передаточной функции из полученной непрерывной функции, рассматривая пять параллельно соединенных блоков, объединенных параллельно, реализуем (6), (8), (10), (12), (14).

Общая передаточная функция по учтенным в модели каналам управления, объединенным параллельно, будет иметь вид:

$$W(s) = \frac{\left( \begin{aligned} &3.067 \cdot 10^{25} \cdot s^8 + 6.680 \cdot 10^{24} \cdot s^7 - \\ &- 3.711 \cdot 10^{24} \cdot s^6 - 7.158 \cdot 10^{22} \cdot s^5 + \\ &+ 4.856 \cdot 10^{22} \cdot s^4 + 1.016 \cdot 10^{21} \cdot s^3 - \\ &- 7.573 \cdot 10^{20} \cdot s^2 - 2.385 \cdot 10^{19} \cdot s + \\ &+ 1.790 \cdot 10^{19} \end{aligned} \right)}{\left( \begin{aligned} &1.000 \cdot 10^{27} \cdot s^9 + 3.067 \cdot 10^{25} \cdot s^8 + \\ &+ 6.680 \cdot 10^{24} \cdot s^7 - 3.711 \cdot 10^{24} \cdot s^6 - \\ &- 7.157 \cdot 10^{22} \cdot s^5 + 4.856 \cdot 10^{22} \cdot s^4 + \\ &+ 1.016 \cdot 10^{21} \cdot s^3 - 7.573 \cdot 10^{20} \cdot s^2 - \\ &- 2.385 \cdot 10^{19} \cdot s + 1.790 \cdot 10^{19} \end{aligned} \right)}. \quad (15)$$

Ограничиваясь рассмотрением области частот существенно меньших частоты квантования, организовывая следящую систему, получаем дискретную передаточную функцию, реализующую (15), которая имеет вид:

$$W(z) = \left( \sum_{p_k} \frac{z}{z - e^{p_k T}} \operatorname{Res}(W(p_k)) \right), \quad (16)$$

где  $p_k$  – полюсы непрерывной передаточной функции (15),  $\operatorname{Res}(W(p_k))$  – вычет (коэффициент при  $p_k$  в разложении в ряд Лорана непрерывной передаточной функции (15)).

После преобразования (15) и подстановки в (16), последнее выражение примет вид:

$$W(z) = \left( \begin{aligned} &\frac{2.0 \cdot 10^{18} \cdot z}{z - e^{-0.123/T}} + \\ &+ \frac{(8.621 \cdot 10^{18} + 3.445 \cdot 10^{18} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-9.136 \cdot 10^{-2} - 8.973 \cdot 10^{-2} \cdot i/T}} + \\ &+ \frac{(8.621 \cdot 10^{18} - 3.445 \cdot 10^{18} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-9.136 \cdot 10^{-2} + 8.973 \cdot 10^{-2} \cdot i/T}} + \\ &+ \frac{(1.062 \cdot 10^{19} - 9.981 \cdot 10^{18} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-6.461 \cdot 10^{-2} - 0.171 \cdot i/T}} + \\ &+ \frac{(1.062 \cdot 10^{19} + 9.981 \cdot 10^{18} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-6.461 \cdot 10^{-2} + 0.171 \cdot i/T}} - \\ &- \frac{0.5 \cdot z}{z - e^{7.431 \cdot 10^{-2} - 9.756 \cdot 10^{-2} \cdot i/T}} - \\ &- \frac{0.5 \cdot z}{z - e^{7.431 \cdot 10^{-2} + 9.756 \cdot 10^{-2} \cdot i/T}} + \\ &+ \frac{(1.0 - 9.999 \cdot 10^{18} \cdot i) \cdot z}{z - e^{0.127 - 3.471 \cdot 10^{-2} \cdot i/T}} + \\ &+ \frac{(1.0 + 9.999 \cdot 10^{18} \cdot i) \cdot z}{z - e^{0.127 + 3.471 \cdot 10^{-2} \cdot i/T}} \end{aligned} \right). \quad (17)$$

Структура вычислительного блока, реализующего (17), одновременно являющегося

частью интеллектуальной системы поддержки принятия решений для производства электронных аппаратов [6], будет иметь вид, представленный на рисунке 1.

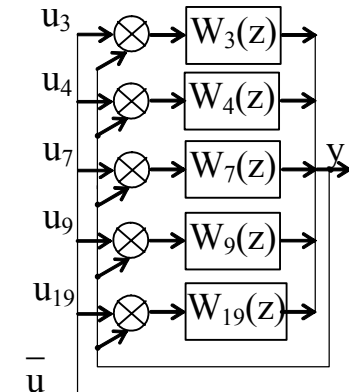


Рисунок 1. – Вычислительный блок модели управления для производства бытового электронного аппарата

Для рисунка 1 поступающие дискретные сигналы на вход цифровых сумматоров обрабатываются в соответствии с (17) и за счет следящей системы обеспечивается высокая точность и быстродействие всей схемы, однако при агрегировании системы необходимо рассмотреть перекрытие переменных, выделенных в качестве управляющих воздействий, для электронных аппаратов различного назначения общей интеллектуальной системы управления.

Выполнение подобного варианта индивидуальных заданий УИРС способствует интеллектуальному развитию студентов, систематизации накопленных и вновь получаемых знаний, овладению методиками оценки конструкторских решений. Обучение получению передаточных функций системы и ее элементов, общей передаточной функции системы, теоремы вычетов, осуществляется на примерах известной среды конструирования и производства электронных аппаратов.

### Выводы

В результате проведенных исследований, была предложена усовершенствованная методика преподавания дисциплины «Основы автоматизации и автоматизации производств» путем введения дополнительных средств учебно-исследовательской работы студента. Предлагаемая методика способствует осознанному применению математического моделирования, исследования передаточных функций систем регулирования, каналов влияния, операторного исчисления непосредственно для процесса производства электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации.

Методом группового учета аргумента были получены математические модели влияния каналов управления, представляющие собой

частные описания квадратичного типа первого и последующих рядов селекции полинома Колмогорова-Габора.

Была исследована дискретная система и получена структура вычислительного блока, реализующего разработанное математическое описание, одновременно являющегося частью интеллектуальной системы поддержки принятия решений для производства электронных аппаратов.

### Литература

1. Смолий В.Н. Автоматизированное управление процессом производства электронных аппаратов / В.Н. Смолий // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2008. – №2(17). – С. 89 – 94.
2. Смолий В.Н. Модель управления производством стационарного электронного аппарата / В.Н. Смолий // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Вип. 37. – С. 255 – 259.
3. Смолий В.Н. Использование метода группового учета аргумента для моделирования управления производством бытовых электронных аппаратов / В.Н. Смолий // Вісник СНУ ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – № 1(131) – С. 163 – 169.
4. Смолий В.Н. Модель управления производством транспортного электронного аппарата / В.Н. Смолий // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника». – Донецк: ДонНТУ, 2009. – Вып. 10(153) – С. 217 – 223.
5. Смолий В.Н. Базы знаний для электронных аппаратов различного назначения / В.Н. Смолий // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ, 2009. – № 1 (34). – С. 121 – 126.
6. Смолий В.Н. Решение стохастической задачи автоматизированного управления процессом производства бытового электронного аппарата / В.Н. Смолий // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – №2(19). – С. 128 – 134.
7. Смолий В.Н. Организация учебно-исследовательской работы студентов в техническом ВУЗЕ / Б.И. Генкин, В.Н. Смолий, И.М. Генкина // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон: ХГТУ, 2004. – №1(19). – С. 452 – 456.
8. 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 заявники і патентовласники В.О. Ульшин, В.М. Смолий; Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля – № 2002021161; заявл. 19.03.07; опубл. 27.08.07, Бюл. №13.