

3. Хабр – сообщество людей из высоких технологий [Электронный ресурс] : коллективный блог, связанный с информационными технологиями – Электрон. Дан – Режим доступа: [habr.com](http://habr.com), свободный. – Загл. с экрана
4. Github – сервис для хостинга и разработки веб-проектов [Электронный ресурс] : сайт для хостинга и разработки веб-проектов. – Электрон. дан. – Режим доступа: [github.com](http://github.com), свободный. – Загл. с экрана
5. Hub Docker – Docker hub [Электронный ресурс] : сайт с публикацией сервисов. – Электрон. дан. – Режим доступа: [hub.docker.com](http://hub.docker.com), свободный. – Загл. с экрана

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ ДВУХКОНТУРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

*М.И. Рудко, А.С. Сапожникова*  
(г. Томск, Томский политехнический университет)  
*rudko2005@mail.ru*

## THE SYNTHESIS OF MULTI-LOOP CONTROL SYSTEMS FOR A PRECISION LATHE BY NUMERICAL METHOD

*M.I. Rudko, A.S. Sapozhnikova*  
(Tomsk, Tomsk Polytechnic University)

**Abstract:** The article deals with the problem of the synthesis of multi-loop control system. Modern methods of the synthesis of multi-loop control systems do not provide the control with prescribed accuracy. This paper combines real interpolation method and numerical method.

**Keywords:** control system, regulator, real interpolation method, numerical method.

**Введение.** В настоящее время перед промышленностью ставятся совершенно уникальные по своим ожидаемым результатам задачи, требующие полного исключения человека как рабочего элемента, выполняющего рутинные физические и умственные операции и имеющего известные недостатки (усталость, голод, интеллектуальные ограничения), из производственного цикла. Для этого необходимо развитие более технологичных и точных робототехнических комплексов, установок. Поэтому возникает задача построения таких технических устройств, нахождения методов синтеза систем управления и вариаций этих методов для конкретизирования и популяризации.

В задачах построения исполнительных систем управления главным считается соответствие ряду требований, которые чаще всего носят противоречивый характер. Например, требуется повысить точность обработки траектории рабочим органом робота в условиях максимально высокой скорости движения. Реальные высококачественные системы управления мехатронными устройствами, которые решают подобные задачи, являются многоконтурными. Действительно, электромеханические системы управления положением инструмента, звеном манипулятора или другим объектом имеют несколько контуров.

Все основные вопросы, связанные с процессом синтеза или коррекции, придающие системам заданные свойства, решены для одноконтурных систем управления. Однако в случае многоконтурных систем автоматического управления (САУ) существуют трудности, которые не позволяют достигать, а иногда даже приближаться с заданной точностью к наилучшему решению в рамках заданных структур и критериев.

Очевидно, что подобные системы оказываются намного сложнее по сравнению с одноконтурными. По крайней мере, число неизвестных может увеличиться в три раза, что уже делает задачи намного сложнее. При этом исходные данные о системе остаются прежними. Число функций и параметров, которые подлежат определению, как уже было сказано, воз-

растает, что приводит к возрастанию сложности задачи, как в вычислительном плане, так и в алгоритмическом. Поэтому одной из основных современных тенденций в теории управления является проектирование и использование многоконтурных систем. Настройка таких систем является очень интересной, но сложной задачей.

Целью работы является определение возможности синтеза регуляторов двухконтурной системы автоматического управления прецизионного токарного станка с помощью вещественного интерполяционного метода.

Научная новизна основных результатов работы состоит в применении вещественного интерполяционного метода для расчёта коэффициентов регуляторов САУ токарного станка управления.

**Традиционные методы синтеза многоконтурных систем.** В практике наладки систем электропривода существует два критерия оптимальной настройки контуров, которые получили широкое и основное применение: модульный (технический) оптимум (МО) и симметричный оптимум (СО). Предложенные С. Кесслером в 50-е годы прошлого века эти критерии, получившие широкое распространение в электроприводах, и сегодня не утратили своей значимости.

Критерии МО и СО показали себя как простые и удобные для инженерных расчетов. В большинстве случаев эти методы позволяют обеспечить качественные показатели, удовлетворяющие предъявляемым требованиям. Для специалистов в области систем управления, занимающихся проектированием и созданием качественных электроприводов, в том числе переменного тока, разработкой новых методов идентификации технологических процессов, настройкой промышленных регуляторов, эти ставшие классическими методы являются основными.

Несмотря на многочисленные публикации, посвященные практической оптимизации систем регулирования, ряд вопросов, касающихся выбора критериев оптимизации, качества отработки возмущающих воздействий, методики настройки систем с последовательно – параллельной коррекцией и т.д., остается по-прежнему нерешенным. Новые области практического применения требуют не только сравнительного анализа существующих методик оптимизации, но и дальнейшего их развития с учетом возрастающих требований к качеству регулирования и возможностей современной элементной базы [1, с.14].

**Исследование возможности применения вещественного интерполяционного метода (ВИМ) к расчету двухконтурных систем на примере прецизионного токарного станка.** Рассматривается задача создания сверхпрецизионного станка с алмазным резцом. Этот станок предназначен для придания заданной формы поверхностям оптических деталей с очень высокой точностью, таких, например, как зеркала. В данном случае мы рассмотрим задачу управления положением резца только по одной координате. В [2, с.721] экспериментально с помощью подачи синусоидального сигнала на вход исполнительного устройства была получена передаточная функция (ПФ) объекта управления

$$W_{Oy}(p) = \frac{4500}{p + 60} .$$

Столь большой коэффициент усиления для системы не представляет опасности, так как входной эталонный сигнал  $r(t)$  представляет собой последовательность ступенек очень малой амплитуды (доли микрона). Внешний контур системы образован за счёт обратной связи по положению, датчиком которого является лазерный интерферометр с точностью изме-

рения 0,1 мкм. В системе также имеется внутренний контур, образованный за счёт обратной связи по скорости, как показано на рисунке 1.

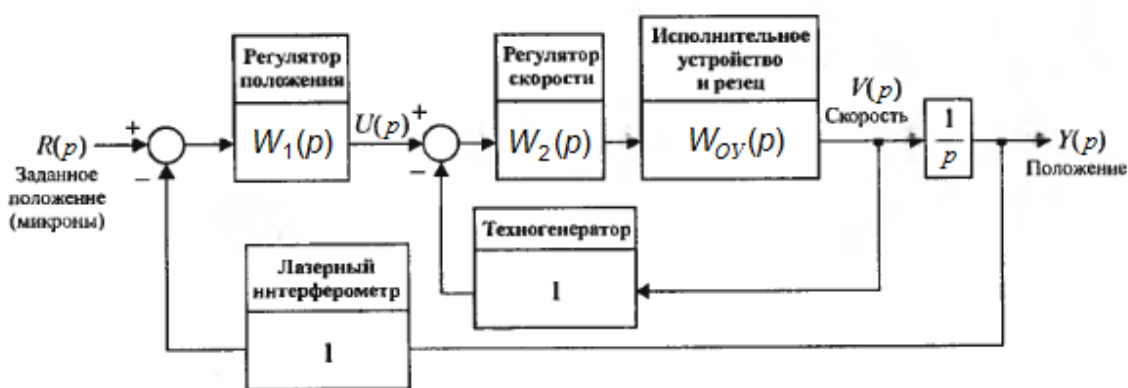


Рисунок 1 – Операторно-структурная схема системы управления

Регуляторы  $W_1(p)$  и  $W_2(p)$  выбираются так, чтобы система удовлетворяла требованиям: установившаяся ошибка должна быть равна нулю, время установления процесса  $t_{уст} = 5 \cdot 10^{-7}$  секунд, перерегулирование  $\sigma = 5\%$ .

Регуляторы имеют следующие структуры:

$$W_1(p) = K_1 \cdot \frac{p + b_{1,0}}{p + a_{1,0}},$$

$$W_2(p) = K_2 \cdot \frac{p^2 + b_{2,1}p + b_{2,0}}{p(p + a_{2,0})}.$$

Значение коэффициентов:  $b_{1,0} = 54$ ,  $a_{1,0} = 108$ ,  $a_{2,0} = 1085$ ,  $b_{2,0} = 69184$ ,  $b_{2,1} = 556$ ,  $K_1 = 1000$ ,  $K_2 = 2$ .

Эти коэффициенты регуляторов подобраны для данной системы управления методом корневого годографа для заданных качественных характеристик системы (рисунок 2).

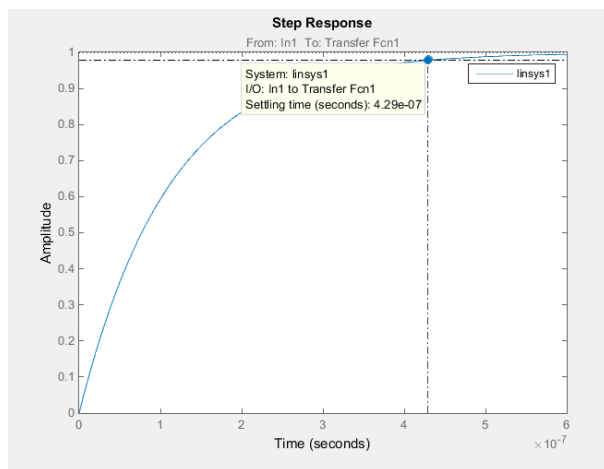


Рисунок 2 – Переходная характеристика САУ

В ходе исследования предстояло проверить возможность применения ВИМ для расчёта коэффициентов регуляторов скорости и положения в САУ токарным станком, а также сравнить полученные результаты с известными. Работа строилась по следующему алгоритму:

1 шаг. Запись уравнения синтеза системы;

2 шаг. Выбор метода решения нелинейных систем уравнений;

3 шаг. Решение системы нелинейных уравнений для двух неизвестных, которые будут приняты для начала исследования. В этом шаге применяется ВИМ для создания системы уравнений и с помощью выбранного метода решается система нелинейных уравнений, вычисляются числа обусловленности системы уравнений.

4 шаг. Решение системы нелинейных уравнений для трёх неизвестных. Действия - аналогичные предыдущему шагу [1, с.46].

**Расчётная часть.** Информация по шагу один и два можно найти в [1, с.47].

Шаг 3: сделаем упрощение максимальным, сократив число неизвестных коэффициентов до двух. Выберем наиболее значимые параметры - коэффициенты пропорциональности  $K1$  и  $K2$ . ПФ регуляторов в этом случае имеют вид:

$$W_1(p) = K_1 \cdot \frac{p+54}{p+108}, \quad W_2(p) = K_2 \cdot \frac{(p+188)(p+368)}{p(p+1085)}.$$

Методика и подробное решение системы нелинейных уравнений САУ с пояснением указаны в [1, с.55 - 59]. Целесообразность выбора метода Ньютона [1, с.52 - 53]. Полученные коэффициенты обеспечивают время переходного процесса (ПП) равное  $4,24 \cdot 10^{-7}$ , что является отличным результатом в сравнении с эталонным значением, которое составляет  $4,29 \cdot 10^{-7}$  секунды (Рисунок 2).

Выясним, как влияет на решение системы нелинейных уравнений ее возмущение, т. е. небольшие изменения в правых частях и в коэффициентах матрицы. Если решение при этом меняется также незначительно, можно считать, что и погрешности округления повлияют на окончательное решение не значительно. Для выяснения найдём число обусловленности Якобиана системы нелинейных уравнений, как указано в [1, с.60]. Вычисления показывают, что матрица плохо обусловлена, т.е. близка к вырожденности. Это означает, что САУ, синтезированная таким способом, будет плохой с позиций робастности.

Шаг 4: для проверки сделанных выводов и результатов усложним задачу до трех неизвестных параметров регуляторов. Для этого выберем наиболее значимые параметры – коэффициенты  $K1$ ,  $K2$  и  $b_{1,0}$ . ПФ регуляторов в этом случае имеют вид:

$$W_1(p) = K_1 \cdot \frac{p+b_{1,0}}{p+108}, \quad W_2(p) = K_2 \cdot \frac{(p+188)(p+368)}{p(p+1085)}.$$

Полученное время ПП для САУ с тремя неизвестными коэффициентами системы составило  $4,29 \cdot 10^{-7}$ , что совпадет с эталонным и является прекрасным результатом. Но значение числа обусловленности, рассчитанное в [1, с.66], порядка десятков или даже сотен считаются неплохими. Отсюда следует, что матрица не вырождена и неплохо обусловлена, что говорит о более лучшей, но не достаточной робастности системы.

**Заключение.** Плохая обусловленность системы с двумя переменными и изначальные данные, полученные с некоторой погрешностью, говорят о том, что решать плохо обусловленные системы не имеет смысла, поскольку малые ошибки в моделях системы приводят к большим ошибкам решения системы. Обладающие такими свойствами задачи называются некорректными. Поиск решения некорректных задач должен вестись по алгоритмам, которые отличаются от обычных. С этой целью используются методы регуляризации.

В иных случаях задача решается неудовлетворительно: формально решение может быть получено, но оно не может быть использовано для практических целей, так как оно оказывается неустойчивым. При итерационном поиске результатов процесс может оказаться расходящимся. В любом случае синтезированная таким образом САУ будет неработоспособной, то есть неробастной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М.И. Рудко. Магистерская диссертация «Исследование возможности синтеза регуляторов двухконтурных систем автоматического управления численным методом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/38925/1/TPU369620.pdf>
2. Р. Дорф и Р. Бишоп. Современные системы управления. Перв. с англ. Б.И. Копылова. –М.:Лаборатория базовых знаний, 2002. -832 с.
3. I. Murray, Richard M. Feedback control systems. Version 2. 2008.
4. 7. Goncharov V., Antropov A., Rudnitcki V., Udod A.. Use of transient processes on the basis of the real interpolation method. Proceedings of 15-th International Conference on Systems Science. September 7 - 10, 2004. Wroclaw, Poland. Vol. 1, pp.360 – 366.
5. Goncharov, V. I., & Shchelkanova, T. A. (2014). The synthesis of multi-loop control systems. В Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2014 [6986857] Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. <https://doi.org/10.1109/MEACS.2014.6986857>
6. I. Murray, Richard M. Feedback control systems. Version 2. 2008.
7. Vrancic D., Strmenic S., Hanus R. Improving disturbance rejection of PI controllers by means of the magnitude optimum method // ISA Transactions. – 2004. – V. 43. – № 1. – P. 73–74.
8. Kessler, C.: Das symmetrische Optimum. Teil 1, rt 6 (1958), Nr.11, S. 395-400 und Teil 2, rt (1958), Nr. 12, S. 432-436.
9. А.С. Алексеев, С.В. Замятин, Д.А. Плотников. Определение момента инерции электропривода по временным характеристикам. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5. –С. 65–69.
10. Симметричный оптимум настройки контуров регулирования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/2264111/page:6/>,– Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения 19.05.18.

11. Модальный оптимум настройки контуров регулирования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/2264111/page:5/>, – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения 16.05.18.
12. . Оптимизация контуров регулирования систем электропривода по типовым методикам [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-konturov-regulirovaniyasistem-elektroprivoda-po-tipovym-metodikam>, – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения 16.05.18.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЕТМЕДИЦИНЫ

*Ж.К.Садыкова, И.С.Мусаева*

*(г. Семей, Государственный университет имени Шакарима)*

*[zhanara.sadykova.93@mail.ru](mailto:zhanara.sadykova.93@mail.ru), [botagoz\\_malika@mail.ru](mailto:botagoz_malika@mail.ru)*

**Annotation:** The article is devoted to the description of the automated system, the consideration of various components and structures of the graphical interface. The goal is to design a custom application for veterinary medicine. Particular attention is paid to the description of software to create an automated system. The modern requirements for the diagnosis of software and hardware automation in veterinary medicine are investigated. On the basis of the material studied, it has been established that information systems improve and simplify the work of the veterinarian in diagnosing animal diseases and detecting any serious diseases. In conclusion, there is a description of the automated system "Aktos".

**Keywords:** automated system, information system, components, language programs, graphical user interface, Python, Tkinter.

**ВВЕДЕНИЕ.** В настоящее время для ветеринарной медицины своевременная и правильная диагностика животных имеет большое значение. Имеющиеся в арсенале ветеринарных специалистов методы и приемы диагностики заболеваний животных не лишены недостатков, одни из них не обладают достоверностью, другие трудоемкие или требуют специальной дорогостоящей аппаратуры и квалифицированного обеспечения. Существует весьма эффективные способы контроля различных заболеваний животных. Однако исследователь Максименко Е.В. выявил, что недостаточная теоретическая проработка вопросов связанных с природой может привести к неблагоприятным последствиям. Одним из высших уровней внедрения современных информационных технологий в ветеринарную медицину является наличие автоматизированной системы управления и обработки информации. Автоматизированная система управления представляет собой средство сбора, обработки, накопления, хранения и передачи информации, предназначенного для автоматизации, как для ветеринарной медицины, так и для любого учреждения. Использование информационных систем позволяет добиться снижения численности управленческого аппарата, повысить эффективность и оперативность при диагностике заболеваний животных.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.** Любое лечение начинается с диагностики. Это справедливо как для обычной медицины, так и для ветеринарии. Лечение будет бесполезным, а зачастую даже вредным, если диагноз поставлен не правильно. Действующие в настоящее время, рыночные отношения, приводят к изменениям форм и методов ветеринарного обслуживания. В связи с совершенствованием организационных форм и методов ведения животноводства – повысились требования к качественной диагностике и эффективной лечению заболеваний.

В процессе развития мировой экономики, решаются важные задачи для проектирования автоматизированных систем делопроизводства, документооборота и важные управленческие задачи по организации деятельности в ветеринарной медицине. На данный момент нет единого определения автоматизированных информационных систем и нет единой их квалифи-