

Научная школа профессора А.С. Вострикова. К юбилею основателя

Галина Французова
ФГБОУ ВО «НГТУ», Новосибирск

Аннотация: В статье представлены некоторые результаты развития методов управления линейными и нелинейными объектами, разработанными в рамках научной школы «Синтез систем автоматического регулирования». Статья посвящена юбилею основателя научной школы Анатолия Сергеевича Вострикова.

Ключевые слова: принцип локализации, нелинейный объект, алгоритм управления, экстремальное регулирование, адаптивные системы, дифференцирующий фильтр

ВВЕДЕНИЕ

В нынешнем году, 28 мая, исполнилось 75 лет основателю научной школы «Синтез систем автоматического регулирования» (см. [1]) профессору, доктору технических Анатолию Сергеевичу Вострикову.

Известный ученый в области теории автоматического управления, А.С. Востриков является основателем оригинального направления исследований в области синтеза линейных и нелинейных систем с помощью ряда методик, основанных на принципе локализации [2]. Под его руководством подготовлено и защищено 30 кандидатских диссертаций, он являлся научным консультантом у восьми исследователей, защитивших по итогам этих работ докторские диссертации.

Одновременно с этим исполняется 50 лет кафедре Автоматики НГТУ, заведующим этой кафедрой этой кафедрой Анатолий Сергеевич был дважды: с 1971 по 1972 г. и с 1993 по 2009 г.

Кроме того, в 2016 году исполняется 35 лет работы периодического научного семинара «Синтез систем управления», организатором и бессменным руководителем которого является Анатолий Сергеевич.

Деятельность научной школы А.С. Вострикова тесно связана с научными специальностями «Элементы и устройства систем автоматики», «Управление в технических системах», «Робототехника» и нескольких других. Особую любовь профессора А.С. Вострикова заслужили исследования, связанные с управлением электроприводом. Под его руководством постоянно и эффективно действует диссертационный совет Д.212.173.04 [3] по следующим специальностям:

05.09.01 - Электромеханика и электрические

аппараты,

05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы,

05.09.10 - Электротехнология.



Под руководством А.С. Вострикова защищены диссертации следующих исследователей, многие из которых продолжают работать в НГТУ: профессор В.Н. Аносов, профессор А.А. Воевода, профессор Г.А. Французова, профессор В.Д. Юркевич, профессор О.Я. Шпилева, профессор В.А. Жмудь, профессор Г.М. Симаков, профессор В.В. Панкратов, доцент О.В. Нос, доцент Е.В. Гаврилов, доцент Е.Л. Веретельникова, доцент Г.П. Голодных, доцент В.С. Мучкин, доцент Г.В. Саблина, доцент А.В. Суворов, профессор А.В. Чехонадских, доцент А.Л. Соловьев, доцент Е.А. Зима и многие другие.

Востриков Анатолий Сергеевич – лауреат Премии Президента Российской Федерации в области образования, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный профессор НГТУ, почетный профессор Шанхайского университета, почетный профессор Алтайского государственного технического университета, награжден орденом Почета.

Коллектив кафедры Автоматики сердечно поздравляет Анатолия Сергеевича и желает ему успеха, здоровья и дальнейших свершений в развитии автоматики, робототехники, автоматизации и информационных технологий.

1. ОСНОВЫ ПРИНЦИПА ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЕГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Разработанный в рамках научной школы А.С. Вострикова принцип локализации [2, 4] ориентирован на синтез высококачественных систем управления сложными динамическими объектами с переменными характеристиками, функционирующих в условиях полной или частичной неопределенности их параметров.

Суть предложенного принципа состоит в организации в замкнутой системе специального «быстрого» контура, в котором локализуется и парируется регулятором влияние неконтролируемых внешних возмущений, нестационарных параметров и нелинейных характеристик объекта. Организация внутреннего контура достигается за счет использования вектора скорости изменения переменных состояния и большого коэффициента в законе управления, что позволяет формировать желаемые динамические свойства в системе при неполной информации об объекте [5].

На базе принципа локализации были разработаны новые методы синтеза систем автоматического регулирования в условиях неопределенности: метод старшей производной для одноканальных систем регулирования и метод вектора скорости для многоканальных систем. [6–10]. В дальнейшем эти методы были развиты в соответствующие методы синтеза новых типов регуляторов для отдельных классов динамических систем: адаптивных и дискретных систем, систем экстремального регулирования [11–15].

Заложены основы новой высокоэффективной теории синтеза оптимальных алгоритмов векторного автоматического управления сложными нелинейными и нестационарными электромеханическими объектами, в основу которой положены метод непрерывной иерархии каналов регулирования и принципы адаптивного управления с идентификацией [16 - 18].

Были разработаны теоретические основы построения многоканальных систем с переменной структурой и адаптивной настройкой многомерных регуляторов для динамических объектов с переменными параметрами. В этих системах реализован принцип централизованного векторного управления, основанный на формировании режимов одновременного согласованного скольжения во всех каналах управления по пересечению многомерных гиперповерхностей в пространстве координат системы. Сформулированы и строго доказаны необходимые и достаточные условия возникновения, существования и устойчивости указанных режимов скольжения при значительных изменениях параметров объектов

управления и внешних воздействий в условиях существенного взаимовлияния между всеми степенями свободы систем высокого порядка, а также при наличии ограничений мощности исполнительных механизмов и неидеальностей переключающего устройства [19, 20].

Рассмотрена задача синтеза регуляторов для класса объектов, модель которых представляет собой последовательное соединение двух составляющих: динамической части и статической функции качества с выраженным экстремумом [11, 21]. Получены условия разрешимости задачи синтеза, особенности формирования заданных движений и условия инвариантности к действию внешних возмущений и нестационарности параметров динамической части [22]. Отличительной особенностью разрабатываемого метода синтеза является применение двух видов обратных связей. В соответствии с методом локализации вводятся обратные связи по производным динамической части объекта, что позволяет иметь текущую оценку всех возмущений и парировать их влияние. С целью автоматического движения к экстремуму в законе управления используется градиент функции качества. Разработаны несколько вариантов организации автоматических систем поиска экстремума, соответствующих особенностям объекта управления [23, 24]. Для одноканальных объектов невысокого порядка предложено синтезировать одноконтурные системы экстремального регулирования. Для объектов произвольного порядка рекомендовано организовывать двухконтурные системы, в которых внутренний контур включает в себя динамическую часть объекта, а внешний – его экстремальную характеристику. Предложено регулятор внутреннего контура формировать на основе метода локализации. В этом случае синтез двухконтурной нелинейной нестационарной системы экстремального регулирования сводится к задаче расчета «эквивалентной» линейной системы стабилизации с применением процедуры модального метода [25 - 28].

На основе аппарата дифференциальных уравнений разработан метод синтеза адаптивных систем управления сложными многосвязными нелинейными динамическими объектами в условиях быстрых изменений их параметров в большом диапазоне [29].

Для адаптивных систем с переменной структурой и с эталонными моделями важным является вопрос размерности, которая определяется особенностями и порядками объектов управления, наблюдателя, адаптора. В условиях существенной нестационарности характеристик объекта управления изменение размерности наблюдателя относительно размерности объекта может привести к ухудшению качества процессов управления и даже к потере устойчивости. Разработанные на

основе метода локализации адаптивные системы имеют регуляторы с минимальным количеством контуров настройки коэффициентов, что позволяет эффективно подавлять неконтролируемые возмущения и обеспечивать требуемое качество управления в различных режимах работы рассматриваемых систем и устройств [30–33].

Научная ценность проводимых работ обусловлена тем фактом, что задача синтеза систем управления, свойства которых инвариантны по отношению к переменным параметрам объекта и внешним возмущениям, является одной из сложнейших и важнейших проблем современной теории и практики автоматического управления.

К настоящему времени на основе метода локализации разработаны конкретные методики расчета систем с требуемыми динамическими свойствами и показателями качества для класса объектов, функционирующих в условиях ограниченного ресурса управляющих воздействий и неопределенности параметров при действии внешних неконтролируемых возмущений. При этом получены условия локализации параметрических и сигнальных возмущений, а также условия реализуемости желаемых движений на выходе системы автоматического регулирования [2, 5, 22, 32, 34, 35].

Практическая реализация разработанных алгоритмов управления предполагает возможность оценки производных выходной переменной объекта (включая старшую производную) с помощью специальной динамической подсистемы, так называемого дифференцирующего фильтра. Помимо собственно дифференцирования такое устройство должно обеспечивать фильтрацию высокочастотных помех измерения. В зависимости от уровня этих помех предложена структура дифференцирующих устройств и рекомендации по расчету их параметров [36–38].

2. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЙ ПРИНЦИПА ЛОКАЛИЗАЦИИ

Характерными примерами практического использования алгоритмов управления, основанных на методе локализации, являются следующие сложные динамические системы, функционирующие в условиях неопределенности параметров объекта.

Система стабилизации дуги дуговой сталеплавильной печи, которая предназначена для преобразования электрической энергии в тепловую посредством мощного дугового разряда между электродом и расплавляемым металлом [39, 40].

Система стабилизации положения электромагнитного подвеса, включающая в себя электромагнитный исполнительный механизм [41, 42].

Системы управления сложными непрерыв-

ными и дискретно-непрерывными электромеханическими объектами при ограниченных энергетических ресурсах находятся на этапе внедрения в производство [43–46]. Лабораторные исследования вновь синтезируемых алгоритмов оптимального управления осуществляются на специально для этой цели созданной экспериментальной установке, находящейся на кафедре ЭАПУ Новосибирского государственного технического университета, экспериментальном стенде Отдела мехатронных систем НГТУ, в испытательной лаборатории ЗАО «ЭРАСИБ».

Система стабилизации объектов типа «перевернутый маятник» [47–50]. Такие объекты можно рассматривать как успешные лабораторные идеализации неустойчивых механических систем.

Система управления безредукторным электромеханическим усилителем руля автомобиля с торсионным датчиком скручивающего момента на рулевом колесе [50–51].

Подготовлен и исследован макетный образец высокоточной двухплоскостной системы стабилизации оптической линии визирования для подвижных наземных объектов [52].

В последние годы ведутся работы по настройке регулятора газоздушного тракта на основе принципа локализации [53–55], а также рассматривается возможность управления выходным нагревателем прямооточного котла угольной электростанции [56–58].

3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАПРАВЛЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПРИНЦИПОМ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Текущее состояние и перспективы развития задачи синтеза регуляторов для существенно нелинейных нестационарных объектов подробно исследовано в работах [59, 60]. В них показано, что решающим фактором эффективности регуляторов для нелинейных объектов является использование глубокой обратной связи по производным выходной переменной. В совокупности с коэффициентом усиления регулятора это позволяет обеспечить локализацию внешних возмущений и сформировать в системе требуемые динамические свойства.

Предполагается, что основное содержание работ по развитию этого подхода на ближайшее время составят: методы синтеза систем экстремального регулирования с заданными динамическими свойствами и особенности цифровой реализации регуляторов с вектором скорости в обратной связи.

В рамках выполнения научных исследований будут разработаны процедуры расчета экстремальных регуляторов с учетом ограничений на состояние и ресурс управления объекта, наличие дрейфа экстремума, помех измерения и требований, предъявляемых к

процессам в замкнутой системе.

При этом ожидается получить новые результаты в теории синтеза систем автоматического управления, функционирующих в условиях неопределенности параметров объекта, а также комплексные рекомендации по применению разработанных законов управления в системах автоматизированного электропривода переменного тока, разработанные на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Полученные новые результаты научных исследований будут представлены в кандидатских и докторских диссертациях, использованы при подготовке специалистов высшей квалификации, обучающихся в аспирантуре по специальностям 09.06.01 - Информатика и вычислительная техника и 27.06.01 - Управление в технических системах.

Они также найдут отражение и в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению 270000: планируется участие студентов в рамках выполнения курсового проектирования и подготовки магистерских диссертаций.

Отдельные результаты исследований будут опубликованы как в научной, так и в учебной литературе по проблемам синтеза систем управления.

Разработанные методики синтеза автоматических систем, функционирующих в условиях неопределенности параметров объекта и неконтролируемых внешних возмущений, могут быть использованы в различных проектных, технологических, научных и учебных организациях Сибирского и Дальневосточного регионов при разработке новых систем автоматического управления сложными динамическими объектами и технологическими процессами (в частности, при разработке микропроцессорных регуляторов для объектов химической, нефтехимической промышленности), для управления сложными подвижными объектами (подводными аппаратами, роботами и многозвенными манипуляторами), гидравлическими и электромеханическими устройствами, при создании высокоточных систем наведения бортовых систем управления и навигации в летательных аппаратах и в ряде других объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном кратком обзоре мы попытались дать представление о характере и масштабе научных исследований, проводимых в рамках научной школы «Синтез систем автоматического регулирования». Конечно, в одной статье невозможно описать весь спектр работ, проведенных с 1971 года, да авторы и не ставили такую задачу. Заинтересованный читатель по указанным ссылкам всегда может

найти подробную информацию как о самом методе локализации, так и о различных сферах его применения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сайт НГТУ: Научные школы http://www.nstu.ru/science/schools/schools_info?id=739
- [2] Востриков А.С. Синтез систем регулирования методом локализации. – Новосибирск: НГТУ. 2007.
- [3] Сайт НГТУ: Диссертационный совет http://www.nstu.ru/science/dissertation_sov/dissertations?id=121
- [4] Востриков А.С. Задача синтеза в теории регулирования. — Новосибирск: НГТУ. 2011.
- [5] Востриков А.С. Старшая производная и большие коэффициенты в задаче управления нелинейными нестационарными объектами. Мехатроника, автоматизация, управление. - 2008. № 5. С. 2-7.
- [6] Vostrikov A.S., Utkin V.I., Frantsuzova G.A. Systems with state vector derivative in the control. Automation and Remote Control. 1982. Vol. 43. № 3. P.283-286.
- [7] Vostrikov A.S., Yurkevich V.D. The decoupling of multi-channel non-linear time-varying systems by derivative feedback. Systems Science; Wroclaw, Poland. – 1991. V. 17. № 4. P.21-33.
- [8] Востриков А.С., Юркевич В.Д. Синтез многоканальных систем с вектором скорости в законе управления. Автоматика и телемеханика. - 1993. № 2. С. 51-64.
- [9] Vostrikov A.S., Yurkevich V.D. Design of control systems by means of localisation method. Proc. of 12-th IFAC World Congress (18-23 July 1993), Sydney, Australia. – 1993. V.8. P.47-50.
- [10] Востриков А.С., Французова Г.А. Проблема стабилизации многоканальных нелинейных нестационарных объектов. Авиакосмическое приборостроение. - 2004. № 4. С. 18-22.
- [11] Востриков А.С., Французова Г.А. Экстремальные и оптимальные системы автоматического управления. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2001. 64 с.
- [12] Востриков А.С., Воевода А.А., Мучкин В.С., Клевакин В.Н. Дискретные системы автоматического управления на основе принципа локализации: Учеб. Пособие. - Новосибирск: НЭТИ. 1990. 74с.
- [13] Yurkevich V.D. Robust Two-Time-Scale Discrete-Time System Design. Proc. of the 14th IFAC World Congress, Beijing, China. – 1999. V.G. P. 343- 348.
- [14] Vostrikov A.S., Shilevaya O.Ya. Nonlinear control systems with fast adaptive algorithm. Proc. of the IASTED intern. conf. On modeling, identification and control (MIC 2004), Switzerland, Grindelwald, 23-25 Febr. 2004. – 2004. P. 444-449.
- [15] Востриков А.С., Карчов М.С., Юркевич В.Д. Вопросы синтеза систем управления для объектов с распределенными параметрами на основе метода локализации. Автоматическое управление объектами с переменными характеристиками: межвуз.сб.науч. тр. – Новосибирск. 1990. С. 3- 16.
- [16] Панкратов В.В. Метод синтеза робастных алгоритмов управления на основе адаптивных обратных моделей. Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. трудов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2008. С. 14 – 27.

- [17] Нос О.В., Панкратов В.В. Оптимизация алгоритмов векторного управления асинхронным электроприводом на основе метода непрерывной иерархии. *Электричество*. – 2000. №6. С. 48–53.
- [18] Котин Д.А., Панкратов В.В. Синтез алгоритмов текущей идентификации координат асинхронизированного синхронного электропривода. *Электромеханические преобразователи энергии: Материалы IV Международной науч.-техн. конф.*, 13 – 16 октября 2009 г. - Томск: ТПУ. 2009. С. 228 – 232.
- [19] Панкратов В.В., Нос О.В. Алгоритмы управления асинхронными электроприводами в режимах токоограничения. *Электротехника*. – 2000. №11. С. 23–25.
- [20] Вылцан А.С. Синтез и оптимизация системы векторного управления асинхронным двигателем, малочувствительной к изменениям параметров. *Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр.* – Новосибирск: НГТУ. 2008. С. 90 – 100.
- [21] Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования (2-е изд.). – М.: Высшая школа. 2006.
- [22] Французова Г.А. Об условиях разрешимости задачи синтеза автоматической системы экстремального управления. *Научный вестник НГТУ*. - 2001. № 2. С. 3 – 9.
- [23] Французова Г.А. Синтез двухконтурной астатической системы экстремального регулирования на основе принципа локализации. *Сибирский журнал индустриальной математики*. - 2004. Т. VII. № 1 (17). С. 145-150.
- [24] Французова Г.А. Свойства различных типов систем автоматического поиска экстремума, основанных на методе локализации. *Автоматизация*. 2012. Т. 48. № 5. С. 438-446.
- [25] Frantsuzova G.A. Design of Two-Loops Extremum Seeking System by means of Localization Method. *Proc. of the IASTED intern. conf. «Automation, Control and Information Technology (ACIT-2005)»*. - 2005. P.415 – 419.
- [26] Французова Г.А. Двухконтурные системы экстремального регулирования с предварительной стабилизацией динамической части. *Автоматизация*. - 2006. № 2. С. 29 – 37.
- [27] Французова Г.А. Двухконтурные системы экстремального регулирования с формированием заданной динамики. *Мехатроника, автоматизация, управление*. - 2008. № 5. С. 7 – 11.
- [28] Французова Г.А., Прушенова Л.В. Исследование устойчивости систем экстремального регулирования с запаздыванием. *Науч. вестник НГТУ*. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – № 1(34). – С. 223-228.
- [29] А.с. 1191883 СССР, МКИ G 05 B 13/02. Система управления нестационарными объектами. Востриков А.С., Шпилева О.Я. Открытия. Изобретения. – 1985. № 42. С.188.
- [30] Шпилева О.Я. Об одном способе уменьшения порядка адаптивного регулятора. *Автоматизация*. - 2006. Т.42. № 2. С. 38-48.
- [31] Шпилева О.Я., Иваненко Е.В. Особенности использования нескольких эталонных моделей в адаптивной системе управления. *Автоматизация*. - 2008. № 1. С. 59-69.
- [32] Шпилева О.Я. Формирование управляющих воздействий в системах прямого адаптивного управления. *Автоматизация*. - 2009. Т. 45. № 5. С. 90-102.
- [33] Shpilevaya O. Adaptive Control System with Piece-Wise Perturbations. *Preprints of 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*. Moscow. 3-5 June. - 2009. P. 361-366.
- [34] Pankratov V.V., Nos O.V. Optimal control laws of induction electric drive in the nonlinear modes. *KORUS 99. The Third Russian-Korean International Symposium on Science and Technology*, June 22–25, at Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia: abstracts. – Novosibirsk, 1999. V.2. P. 802.
- [35] Востриков А.С., Панкратов В.В. О грубости систем с глубокими обратными связями. *Электротехника*. - 2000. № 11. С 3-6.
- [36] Востриков А.С., Гаврилов Е.Б. Об одном способе дифференцирования в присутствии помех. элементы и устройства автоматики и вычислительной техники: сб.науч.тр. - Новосибирск: НЭТИ. 1976. С 17-21.
- [37] А.с. 568952 СССР, МКИ G 06 g 7/18. Устройство для многократного дифференцирования аналоговых сигналов. А.С. Востриков, Е.Б. Гаврилов. Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки. – 1977. № 30. С. 125.
- [38] А.с. 817728 СССР, МКИ G 06 g 7/18. Аналоговое устройство для оценки частной производной. А.С. Востриков, С.М. Хачатурова, Е.Б. Гаврилов, А.Б. Гаврилов. Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки. – 1981. № 12. С. 208.
- [39] Совершенствование систем стабилизации электрического режима ДСП с гидроприводом на основе принципа локализации. А.С.Востриков, Е.Б. Гаврилов, Э.Ф. Курганов, В.П. Культенко, В.И. Госман, А.Ф. Иноземцев. *Электротехническая промышленность. Электротермия*. – 1984. Вып 5 (255). С. 5-7.
- [40] А.с. 944169 СССР, МКИ H 05 b 7/148, F 27 d 11/10. Устройство управления электрическим режимом горения ДСП / А.С. Востриков, Э.Ф. Курганов. Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки. – 1982. № 26. С. 304.
- [41] Востриков А.С., Крапивин В.С. К синтезу инвариантной системы стабилизации электромагнитного подвеса. *Известия вузов. Электромеханика*. 1985. № 2. С. 67-73.
- [42] А.с. 974865 СССР, МКИ G 05 d 19/02. Устройство для управления электромагнитной подвеской. А.С. Востриков, В.С. Крапивин. Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки. – 1982. № 42.
- [43] Аносов В.Н., Востриков А.С., Кавешников В.М. Параметрическая оптимизация силового фильтра в тяговом электроприводе автономного транспортного средства. *Электричество*. 2007. № 8. С. 8-12.
- [44] Пат. 2210171 RU МПК H 02 P 6/00, H 02 P 6/16, H 02 K 29/08 Способ управления синхронным электродвигателем с возбуждением от постоянных магнитов [электронный ресурс] Б.М.Боченков, Н.А. Боляин, А.Г. Судак, А.С.Востриков. – Заяв. 28.09.2001; опубл. 10.08.2003. – Режим доступа: <http://www.fips.ru/cdfi/fips>.
- [45] Панкратов В.В., Котин Д.А. Принципы векторного управления и алгоритмы ориентирования по полю в асинхронизированном

- синхронном электроприводе. Мехатроника. Автоматизация. Управление. - 2009. № 12. С 18-25.
- [46] Вдовин В.В., Котин Д.А., Панкратов В.В. Адаптивный алгоритм вычисления координат для бездатчикового векторного управления машинами двойного питания. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. - 2013.- № 6. С. 23-27.
- [47] Востриков А.С., Суворова Г.В. О стабилизации системы «перевернутый маятник». Сборник научных трудов НГТУ. 1997. № 1(6). С. 41-46.
- [48] Саблина Г.В., Ходакова Д.И. Разработка алгоритма стабилизации системы «подвешенный груз». Сборник научных трудов НГТУ. – 2009. № 3(57). С. 33–40
- [49] Саблина Г.В. Об одном подходе к синтезу модельной системы «подвешенный груз». Труды 12 междунар. конф Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2014), Новосибирск, 2–4 окт. 2014 г. – 2014. Новосибирск: Изд-во НГТУ. Т.7. С. 68-71.
- [50] Никулин Г.Л., Французова Г.А. Система управления для электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля. Мехатроника, автоматизация, управление. - 2006. № 8. С. 23-28.
- [51] Никулин Г.Л., Французова Г.А. Синтез системы регулирования электромеханического усилителя руля автомобиля. Автотметрия. - 2008. № 5. С. 93-99.
- [52] Шендрик Д.А., Французова Г.А. Подход к комплексному моделированию управляемой системы стабилизации оптической линии визирования. Мехатроника, автоматизация, управление. - 2008. - № 9. - С.24-28.
- [53] Востриков А.С., Мальцев А.С. Параметрическая стабилизация давления. Научный вестник НГТУ. – 2009. № 4 (37). С.3-10.
- [54] Vostrikov A.S., Maltsev A.S. Parametric pressure control in direct injection gasoline engine. Proc. of the international forum on strategic technologies (IFOST 2009). Vietnam, Ho Chi Minh City, 21-23 Oct 2009. 2009. Sess.1. P. 162-165.
- [55] Востриков А.С., Пономарев А.А. Метод настройки регулятора газозвоздушного тракта на основе принципа локализации. Автотметрия - 2012. Т. 48. № 5. С.58 - 65
- [56] Суворов Д.А., Французова Г.А., Востриков А.С. Синтез системы управления выходным нагревателем прямоточного котла угольной электростанции. Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. - 2015. № 1 (26). С. 94-10.
- [57] Suvorov D.A., Frantsuzova G.A., Zemtsov N.S. Using the Localization Method for Once-through Boiler Control. Proceedings of 9th International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2015), Russia, Omsk, May 21–23, 2015. – Omsk: Omsk State Technical University. IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR. ISBN: 978-1-4799-7102-2., электронный ресурс.
- [58] Земцов Н. С., Французова Г.А. Синтез ПИД регулятора для системы управления прямоточным котлом. Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. Т.16. № 9. С. 631 — 636.
- [59] Востриков А. С. Проблема синтеза регуляторов для систем автоматики: состояние и перспективы. Автотметрия - 2010. Том 46. № 2. С.3-19.
- [60] Востриков А.С., Французова Г.А. Синтез PID-регуляторов для нелинейных нестационарных объектов.Автотметрия. – 2015, № 5. С. 53-60.
- [61] В.А. Жмудь. Система с обратной связью. Патент на изобретение № 2541684. Заявка № 2013146115, приоритет от 15.10.2013. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений РФ 15 января 2015 г. Срок действия патента истекает 25.10.2033. Правообладатель ФГБОУ ВПО НГТУ. МПК G01R 23/02, 3/36. Бюлл. № 5.
- [62] В.А. Жмудь. Система с обратной связью. Патент на изобретение № 2566339. Приоритет от 08.10.2013. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений РФ 20 октября 2015 г. Бюлл. № 29. Срок действия патента истекает 08.10.2033. Правообладатель ФГБОУ ВПО НГТУ. МПК G01R 23/02, 3/36.
- [63] В.А. Жмудь. Система с обратной связью. Патент на изобретение № 2584925. Приоритет от 05.03.15. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений РФ 27.04.16. Бюллетень № 14. Срок действия патента истекает 05.03.35. Правообладатель ФГБОУ ВПО НГТУ. МПК G01R 23/02, G01P 3/36.
- [64] В.А. Жмудь, В.М. Семибаламут. Регулятор для систем с обратной связью. Патент РФ RU 76719 U1. G01R 23/02, G01P 3/36. Опубл.27.09.08. Бюл. № 27. Заявка № 2008108410/22 от 04.03.2008, правообладатель: Институт лазерной физики СО РАН.
- [65] В.А. Жмудь, О.Д. Ядрышников. Оптимизация регулятора для многоканальных объектов с развитием идеи упреждителя Смита. Автоматика и программная инженерия. 2014. № 1 (7). С. 57–67.
- [66] В.А. Жмудь. Система с обратной связью. Патент на изобретение № 2540461. Заявка № 2013145173, приоритет от 08.10.2013. Зарегистрировано в государственном реестре изобретений РФ 19 декабря 2014 г. Срок действия патента истекает 08.10.2033. Правообладатель ФГБОУ ВПО НГТУ. МПК G01R 23/02, 3/36. Бюлл. № 4.
- [67] Пат. 2554291, МПК G01R 23/02, G01P 3/36. Структура модели для оптимизации системы с обратной связью / В. А. Жмудь, А. Н. Заворин; НГТУ - 2014112628; заяв. 01.04.14; опуб. 27.06.15. - 9 с.

Scientific School of Professor A.S. Vostrikov. On the Anniversary of the Founder

G.A. FRANTSUZOVA

Abstract: This year we celebrated the 75-years Anniversary of the leader of Science School “Automatic Control Systems Design” – Professor, Doctor of Technical Sciences Anatoly S. Vostrikov.

A well-known scientist in the field of control theory, Anatoly S. Vostrikov is the founder of the original research direction in the synthesis of nonlinear systems, called the “principle of localization.” He was supervisor of 8 professors and 19 associate professors who successfully defended their dissertations in this area.

At the same time we celebrate the 30 years of the City Science-Technical Seminar “Modern Problems of the Automatic Control”, which is

regularly lead under his leadership on the base of Novosibirsk State Technical University.

Science school “Automatic Control Systems Design” is closely connected with the specialty of the higher education of the department of Automation in NSTU and with the direction of the post-graduate education “Elements and devices of the Automatic Systems” registered in Higher Degree Council if the Russian Federation.

Accordingly, there is Dissertation Council under his presidency in NSTU, which takes to defend the dissertations on the specialties “Information-measuring and control systems” and “System analysis, management and information processing”. At the same time he is chairman of one more of the Dissertation Council, which takes to defend the dissertations on the specialties “Electrician and electrical equipment”, “Electrical Complexes and Systems” and “Electrotechnology”.

Under his science supervision, many scientists prepared and defended their dissertations.

Now the Science School “Automatic Control Systems Design” includes the following scientists, working in NSTU: Professor V.N. Anosov, head of Department of Electric and Automation of Industrial Plants, professors of the Department of Automation

A.A. Voevoda, G.A. Frantsuzova, V.D. Yurkevich, O.Ya. Shpilevaya, V.A. Zhmud (head of the Department of Automation); professor of the Department of Electric and Automation of Industrial Plants G.M. Simakov, V.V. Pankratov, deputy-professor O.V. Nos (head of Department of Automation of manufacturing processes in engineering), deputy-professors of the Department of Automation Ye.B. Gavrilov, Ye. L. Veretelnikova, G.P. Golodnikh, V.S. Muchkin, G.V. Sablina, G.P. Chikildin, A.A. Borovkov, A.V. Suvorov, A.V. Chekhonadskikh, A.L. Soloviev, Ye.A. Zima and many others.

The collective of the scientists of the Science school “Automatic Control Systems Design” warmly congratulates professor A.S. Vostrikov with the Anniversary and wishes him health and successes.

Key words: localization principle, non-linear object, the control algorithm, the extreme regulation, adaptive systems, differentiating filter

REFERENCES

- [1] Sajt NGTU: Nauchnye shkoly http://www.nstu.ru/science/schools/schools_info?id=739
- [2] Vostrikov A.S. Sintez sistem regulirovaniya metodom lokalizatsii. – Novosibirsk: NGTU. 2007.
- [3] Sajt NGTU: Dissertatsionnyj sovet http://www.nstu.ru/science/dissertation_sov/dissertatsionnyj_sov?id=121
- [4] Vostrikov A.S. Zadacha sinteza v teorii regulirovaniya. – Novosibirsk: NGTU. 2011.
- [5] Vostrikov A.S. Starshaja proizvodnaja i bol'shie koefitsienty v zadache upravlenija nelinejnymi nestacionarnymi ob#ektami. Mehatronika, avtomatizatsija, upravlenie. - 2008. № 5. S. 2-7.
- [6] Vostrikov A.S., Utkin V.I., Frantsuzova G.A. Systems with state vector derivative in the control. Automation and Remote Control. 1982. Vol. 43. № 3. P.283-286.
- [7] Vostrikov A.S., Yurkevich V.D. The decoupling of multi-channel non-linear time-varying systems by derivative feedback. Systems Science; Wroclaw, Poland. – 1991. V. 17. № 4. P.21-33.
- [8] Vostrikov A.S., Jurkevich V.D. Sintez mnogokanal'nyh sistem s vektorom skorosti v zakone upravlenija. Avtomatika i telemekhanika. - 1993. № 2. S. 51-64.
- [9] Vostrikov A.S., Yurkevich V.D. Design of control systems by means of localisation method. Proc. of 12-th IFAC World Congress (18-23 July 1993), Sydney, Australia. – 1993. V.8. P.47-50.
- [10] Vostrikov A.S., Francuzova G.A. Problema stabilizatsii mnogokanal'nyh nelinejnyh nestacionarnykh ob#ektov. Aviakosmicheskoe priborostroenie. - 2004. № 4. C. 18-22.
- [11] Vostrikov A.S., Francuzova G.A. Jekstremal'nye i optimal'nye sistemy avtomaticheskogo upravlenija. Novosibirsk: Izd-vo NGTU. 2001. 64 s.
- [12] Vostrikov A.S., Voevoda A.A., Muchkin V.S., Klevakin V.N. Diskretnye sistemy avtomaticheskogo upravlenija na osnove principa lokalizatsii: Ucheb. Posobie. - Novosibirsk: NJeTI. 1990. 74s.
- [13] Yurkevich V.D. Robust Two-Time-Scale Discrete-Time System Design. Proc. of the 14th IFAC World Congress, Beijing, China. – 1999. V.G. R. 343- 348.
- [14] Vostrikov A.S., Shilevaya O.Ya. Nonlinear control systems with fast adaptive algorithm. Proc. of the IASTED intern. sonf. On modeling, identification and control (MIC 2004), Switzeland, Grindelwald, 23-25 Febr. 2004. – 2004. P. 444-449.
- [15] Vostrikov A.S., Karchov M.S., Jurkevich V.D. Voprosy sinteza sistem upravlenija dlja ob#ektov s raspredelennymi parametrami na osnove metoda lokalizatsii. Avtomaticheskoe upravlenie ob#ektami s peremennymi harakteristikami: mezhvuz.sb.nauch. tr. – Novosibirsk. 1990. S. 3- 16.
- [16] Pankratov V.V. Metod sinteza robustnykh algoritmov upravlenija na osnove adaptivnykh obratnykh modelej. Avtomatizirovannye jelektromehaničeskie sistemy: sb. nauch. trudov. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU. - 2008. S. 14 – 27.
- [17] Nos O.V., Pankratov V.V. Optimizatsija algoritmov vektornogo upravlenija asinhronnym jelektroprivodom na osnove metoda nepreryvnoj ierarhii. Jelektrichestvo. – 2000. №6. S. 48–53.
- [18] Kotin D.A., Pankratov V.V. Sintez algoritmov tekushhej identifikatsii koordinat asinhronizirovannogo sinhron-nogo jelektroprivoda. Jelektromehaničeskie preobrazovateli jenerгии: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauch.-tehn. konf., 13 – 16 oktjabrja 2009 g. - Tomsk: TPU. 2009. S. 228 – 232.
- [19] Pankratov V.V., Nos O.V. Algoritmy upravlenija asinhronnymi jelektroprivodami v rezhimakh tokoogranichenija. Jelektritehnika. – 2000. №11. S. 23–25.
- [20] Vylcan A.S. Sintez i optimizatsija sistemy vektornogo upravlenija asinhronnym dvigatelem, malochuvstvitel'noj k izmenenijam parametrov. Avtomatizirovannye jelektromehaničeskie sistemy: sb. nauch. tr. – Novosibirsk: NGTU. 2008. S. 90 – 100.
- [21] Vostrikov A.S., Francuzova G.A. Teorija avtomaticheskogo regulirovaniya (2-e izd.). – M.: Vysshaja shkola. 2006.

- [22] Francuzova G.A. Ob uslovijah razreshimosti zadachi sinteza avtomaticheskoy sistemy jekstremal'nogo upravlenija. Nauchnyj vestnik NGTU. - 2001. № 2. S. 3 – 9.
- [23] Francuzova G.A. Sintez dvuhkonturnoj astaticheskoj sistemy jekstremal'nogo regulirovanija na osnove principa lokalizacii. Sibirskij zhurnal industrial'noj matematiki. - 2004. T.VII. № 1 (17). S. 145-150.
- [24] Francuzova G.A. Svojstva razlichnyh tipov sistem avtomaticheskogo poiska jekstremuma, osnovannyh na metode lokalizacii. Avtometrija. 2012. T. 48. № 5. S. 438-446.
- [25] Frantsuzova G.A. Design of Two-Loops Extremum Seeking System by means of Localization Method. Proc. of the IASTED intern. sonf. «Automation, Control and Information Technology (ACIT-2005)». - 2005. P.415 – 419.
- [26] Francuzova G.A. Dvuhkonturnye sistemy jekstremal'nogo regulirovanija s predvaritel'noj stabilizaciej dinamicheckoj chasti. Avtometrija. - 2006. № 2. S. 29 – 37.
- [27] Francuzova G.A. Dvuhkonturnye sistemy jekstremal'nogo regulirovanija s formirovaniem zadannoj dinamiki. Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie. - 2008. № 5. S. 7 – 11.
- [28] Francuzova G.A., Prushenova L.V. Issledovanie ustojchivosti sistem jekstremal'nogo regulirovanija s zapazdyvaniem. Nauch. vestnik NGTU. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2009. – № 1(34). – S. 223-228.
- [29] A.s. 1191883 SSSR, MKI G 05 V 13/02. Sistema upravlenija nestacionarnymi ob#ektami. Vostrikov A.S., Shpilevaja O.Ja. Otkrytija. Izobrenenija. – 1985. № 42. S.188.
- [30] Shpilevaja O.Ja. Ob odnom sposobe umen'shenija porjadka adaptivnogo reguljatora. Avtometrija. - 2006. T.42. № 2. C. 38-48.
- [31] Shpilevaja O.Ja., Ivanenko E.V. Osobennosti ispol'zovaniya neskol'kih jetalonnih modelej v adaptivnoj sisteme upravlenija. Avtometrija. - 2008. № 1. S. 59-69.
- [32] Shpilevaja O.Ja. Formirovanie upravljajushih vozdejstvij v sistemah prjamogo adaptivnogo upravlenija. Avtometrija. - 2009. T. 45. № 5. S. 90-102.
- [33] Shpilevaja O. Adaptive Control System with Piece-Wise Perturbations. Preprints of 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing. Moscow. 3-5 June. - 2009. P. 361-366.
- [34] Pankratov V.V., Nos O.V. Optimal control laws of induction electric drive in the nonlinear modes. KORUS 99. The Third Russian-Korean International Symposium on Science and Technology, June 22–25, at Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia: abstracts. – Novosibirsk, 1999. V.2. P. 802.
- [35] Vostrikov A.S., Pankratov V.V. O grubosti sistem s glubokimi obratnymi svjazjami. Jeletrotehnika. - 2000. № 11. S 3-6.
- [36] Vostrikov A.S., Gavrilov E.B. Ob odnom sposobe differencirovanija v prisutstvii pomeh. jelementy i ustrojstva avtomatiki i vychislitel'noj tehnik: sb.nauch.tr. - Novosibirsk: NJeTI. 1976. S 17-21.
- [37] A.s. 568952 SSSR, MKI G 06 g 7/18. Ustrojstvo dlja mnogokratnogo differencirovanija analogovyh signalov. A.S. Vostrikov, E.B. Gavrilov. Otkrytija, izobrenenija, promyshlennye obrazcy i tovarnye znaki. – 1977. № 30. S. 125.
- [38] A.s. 817728 SSSR, MKI G 06 g 7/18. Analogovoe ustrojstvo dlja ocenki chastnoj proizvodnoj.A.S. Vostrikov, S.M. Hachaturova, E.B. Gavrilov, A.B. Gavrilov. Otkrytija, izobrenenija, promyshlennye obrazcy i tovarnye znaki. – 1981. № 12. S. 208.
- [39] Sovershenstvovanie sistem stabilizacii jelektricheskogo rezhima DSP s gidroprivodom na osnove principa lokalizacii. A.S.Vostrikov, E.B. Gavrilov, Je.F. Kurganov, V.P. Kul'tenko, V.I. Gosman, A.F. Inozemcev. Jeletrotehnicheskaja promyshlennost'. Jeletrotermija. – 1984. Vyp 5 (255). S. 5-7.
- [40] A.s. 944169 SSSR, MKI H 05 b 7/148, F 27 d 11/10. Ustrojstvo upravlenija jelektricheskim rezhimom gorenija DSP / A.S. Vostrikov, Je.F. Kurganov. Otkrytija, izobrenenija, promyshlennye obrazcy i tovarnye znaki. – 1982. № 26. S. 304.
- [41] Vostrikov A.S., Krapivin V.S. K sintezu invariantnoj sistemy stabilizacii jelektromagnitnogo podvesa. Izvestija vuzov. Jeletromehanika. 1985. № 2. S. 67-73.
- [42] A.s. 974865 SSSR, MKI G 05 d 19/02. Ustrojstvo dlja upravlenija jelektromagnitnoj podveskoj. A.S. Vostrikov, V.S. Krapivin. Otkrytija, izobrenenija, promyshlennye obrazcy i tovarnye znaki. – 1982. № 42.
- [43] Anosov V.N., Vostrikov A.S., Kaveshnikov V.M. Parametricheskaja optimizacija silovogo fil'tra v tjavom jelektroprivode avtonomnogo transportnogo sredstva. Jeletrichestvo. 2007. № 8. S. 8-12.
- [44] Pat. 2210171 RU MPK H 02 P 6/00, H 02 P 6/16, H 02 K 29/08 Sposob upravlenija sinhronnym jelektrodvigatelem s vobuzhdeniem ot postojannyh magnitov [jelektronnyj resurs] B.M.Bochenkov, N.A. Bolojan, A.G. Sudak, A.S.Vostrikov. – Zajav. 28.09.2001; opubl. 10.08.2003. – Rezhim dostupa: <http://www.fips.ru/cdfi/fips>.
- [45] Pankratov V.V., Kotin D.A. Principy vektornogo upravlenija i algoritmy orientirovanija po polju v asinhronizirovannom sinhronnom jelektroprivode. Mehatronika. Avtomatizacija. Upravlenie. - 2009. № 12. S 18-25.
- [46] Vdovin V.V., Kotin D.A., Pankratov V.V. Adaptivnyj algoritm vychislenija koordinat dlja bezdatchikovogo vektornogo upravlenija mashinami vojnogo pitaniya. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jeletromehanika. - 2013.- № 6. S. 23-27.
- [47] Vostrikov A.S., Suvorova G.V. O stabilizacii sistemy «perevernutyj majatnik». Sbornik nauchnyh trudov NGTU. 1997. № 1(6). S. 41-46.
- [48] Sablina G.V., Hodakova D.I. Razrabotka algoritma stabilizacii sistemy «podveshennyj gruz». Sbornik nauchnyh trudov NGTU. – 2009. № 3(57). S. 33–40
- [49] Sablina G.V. Ob odnom podhode k sintezu model'noj sistemy «podveshennyj gruz». Trudy 12 mezhdunar. konf Aktual'nye problemy jelektronnogo priborostroenija (APJeP–2014), Novosibirsk, 2–4 okt. 2014 g. – 2014. Novosibirsk: Izd-vo NGTU. T.7. S. 68-71.
- [50] Nikulin G.L., Francuzova G.A. Sistema upravlenija dlja jelektromehanicheckogo usilitelja rulevogo upravlenija avtomobilja. Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie. - 2006. № 8. S. 23-28.
- [51] Nikulin G.L., Francuzova G.A. Sintez sistemy regulirovanija jelektromehanicheckogo usilitelja rulja avtomobilja. Avtometrija. - 2008. № 5. S. 93-99.
- [52] Shendrik D.A., Francuzova G.A. Podhod k kompleksnomu modelirovaniju upravljajemyh sistem stabilizacii opticheskoy linii vizirovanija.

- Mehatronika, avtomatizacija, upravljenje. - 2008. - № 9. - S.24-28.
- [53] Vostrikov A.S., Mal'cev A.S. Parametricheskaja stabilizacija davlenija. Nauchnyj vestnik NGTU. – 2009. № 4 (37). S.3-10.
- [54] Vostrikov A.S., Maltsev A.S. Parametric pressure control in direct injection gasoline engine. Proc. of the international forum on strategic technologies (IFOST 2009). Vietnam, Ho Chi Minh City, 21-23 Oct 2009. 2009. Sess.1. P. 162-165.
- [55] Vostrikov A.S., Ponomarev A.A. Metod nastrojki reguljatora gazovozdushnogo trakta na osnove principa lokalizacii. Avtometrija - 2012. T. 48. № 5. C.58 - 65
- [56] Suvorov D.A., Francuzova G.A., Vostrikov A.S. Sintez sistemy upravljenja vyhodnym nagrevatelem prjamotochnogo kotla ugol'noj jelektrostantsii. Doklady Akademii nauk vysshej shkoly Rossijskoj Federacii. - 2015. № 1 (26). S. 94-10.
- [57] Suvorov D.A., Frantsuzova G.A., Zemtsov N.S. Using the Localization Method for Once-through Boiler Control. Proceedings of 9th International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2015), Russia, Omsk, May 21–23, 2015. – Omsk: Omsk State Technical University. IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR. ISBN: 978-1-4799-7102-2., jelektronnyj resurs.
- [58] Zemcov N. S., Francuzova G.A. Sintez PID reguljatora dlja sistemy upravljenja prjamotochnym kotlom. Mehatronika, avtomatizacija, upravljenje. – 2015. T.16. № 9. S. 631 — 636.
- [59] Vostrikov A. S. Problema sinteza reguljatorov dlja sistem avtomatiki: sostojanie i perspektivy. Avtometrija - 2010. Tom 46. № 2. S.3-19.
- [60] Vostrikov A.S., Francuzova G.A. Sintez PID-reguljatorov dlja nelinejnyh nestacionarnyh ob#ektov. Avtometrija. – 2015, № 5. S. 53-60.
- [61] V.A. Zhmud'. Sistema s obratnoj svjaz'ju. Patent na izobrenie № 2541684. Zajavka № 2013146115, prioritet ot 15.10.2013. Zaregistrovano v gosudarstvennom reestre izobrenij RF 15 janvarja 2015 g. Srok dejstvija patenta istekaet 25.10.2033. Pravoobladatel' FGBOU VPO NGTU. MPK G01R 23/02, 3/36. Bjull. № 5.
- [62] V.A. Zhmud'. Sistema s obratnoj svjaz'ju. Patent na izobrenie № 2566339. Prioritet ot 08.10.2013. Zaregistrovano v gosudarstvennom reestre izobrenij RF 20 oktjabrja 2015 g. Bjull. № 29. Srok dejstvija patenta istekaet 08.10.2033. Pravoobladatel' FGBOU VPO NGTU. MPK G01R 23/02, 3/36.
- [63] V.A. Zhmud'. Sistema s obratnoj svjaz'ju. Patent na izobrenie № 2584925. Prioritet ot 05.03.15. Zaregistrovano v gosudarstvennom reestre izobrenij RF 27.04.16. Bjulleten' № 14. Srok dejstvija patenta istekaet 05.03.35. Pravoobladatel' FGBOU VPO NGTU. MPK G01R 23/02, G01P 3/36.
- [64] V.A. Zhmud', V.M. Semibalamut. Reguljator dlja sistem s obratnoj svjaz'ju. Patent RF RU 76719 U1. G01R 23/02, G01P 3/36. Opubl.27.09.08. Bjul. № 27. Zajavka № 2008108410/22 ot 04.03.2008, pravoobladatel': Institut lazernoj fiziki SO RAN.
- [65] V.A. Zhmud', O.D. Jadrjshnikov. Optimizacija reguljatora dlja mnogokanal'nyh ob#ektov s razvitiem idei upreditelja Smita. Avtomatika i programnaja inzhenerija. 2014. № 1 (7). S. 57–67.
- [66] V.A. Zhmud'. Sistema s obratnoj svjaz'ju. Patent na izobrenie № 2540461. Zajavka № 2013145173, prioritet ot 08.10.2013. Zaregistrovano v gosudarstvennom reestre izobrenij RF 19 dekabrja 2014 g. Srok dejstvija patenta istekaet 08.10.2033. Pravoobladatel' FGBOU VPO NGTU. MPK G01R 23/02, 3/36. Bjull. № 4.
- [67] Pat. 2554291, MPK G01R 23/02, G01P 3/36. Struktura modeli dlja optimizacii sistemy s obratnoj svjaz'ju / V. A. Zhmud', A. N. Zavorin; NGTU - 2014112628; zajav. 01.04.14; opub. 27.06.15. - 9 c.



Галина Александровна Французова – профессор кафедры Автоматики в НГТУ, доктор технических наук, автор 160 научных статей и 6 книг по автоматическому управлению. Область научных интересов – теория нелинейных систем автоматического управления, оптимальные и экстремальные системы.
E-mail: frants@intez.nstu.ru