Труды МАИ. 2026. № 150.

Trudy MAI. 2026. No. 150. (In Russ.)

Научная статья
УДК 681.51
URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=189702
EDN: https://www.elibrary.ru/FOOVNX

ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД ГАЛЕРКИНА В ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛИННЫМИ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ИНФРАСТРУКТУРЫ АЭРОПОРТОВ

В.И. Гончарова✉

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения", г. Санкт-Петербург, Россия

✉ goncharova_31kaf@bk.ru

Цитирование: Гончарова В.И. Обобщенный метод Галеркина в задачах параметрического синтеза систем управления длинными линиями электропередач инфраструктуры аэропортов // Труды МАИ: электрон. журнал. № 150. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=189702

Аннотация. В статье представлен усовершенствованный подход к параметрическому синтезу систем автоматического управления длинными линиями электропередач с использованием модифицированного обобщенного метода Галеркина. Разработанная методика, ранее успешно применявшаяся для управления тормозными системами транспортных средств, адаптирована для решения сложных задач электроэнергетики аэропортов, включая питание светосигнального оборудования, систем посадки, радиолокационных станций, заправочных комплексов и терминалов, что подтверждает универсальность и высокую эффективность предлагаемого подхода. Особое внимание уделено решению ключевых проблем управления линиями электропередач с распределенными параметрами, включая: переход от дифференциальных уравнений в частных производных, которые присущи системам с распределенными параметрами, к обыкновенным дифференциальным уравнениям, что необходимо для возможности применения метода параметрического синтеза Галеркина; учет волновых процессов при

проектировании регуляторов; оптимизацию параметров ПИД-регулятора для различных режимов работы.

Предложенная модификация метода Галеркина позволяет существенно улучшить динамические характеристики системы: уменьшить время переходных процессов на 15-20%, повысить устойчивость к возмущениям и изменению параметров сети, таким как: взлет, посадка, включение мощных потребителей. Ключевая значимость работы обусловлена применением комплексной методологии, включающей: теоретическое обоснование выбранного метода, вычислительное моделирование (численную реализацию) и формирование инженерно-технических рекомендаций для внедрения. Полученные результаты формируют новые подходы к цифровой трансформации электроэнергетических систем и обеспечивают повышение отказоустойчивости и управляемости линий электропередачи аэропортов.

Применение единого методологического подхода для столь различных объектов (от тормозных систем до линий электропередач аэропортов) доказывает универсальность и эффективность модифицированного метода Галеркина в задачах параметрического синтеза сложных динамических систем.

Результаты могут быть использованы при цифровизации энергосистем аэропортов и повышении надёжности электроснабжения критически важных объектов.

Ключевые слова: система автоматического управления; САУ с распределенными параметрами; метод разделения переменных (Фурье); дифференциальные уравнения в частных производных; аэропортовая инфраструктура.

GENERALIZED GALERKIN METHOD IN PARAMETRIC SYNTHESIS OF LONG ELECTRIC TRANSMISSION LINES OF AIRPORT INFRASTRUCTURE CONTROL SYSTEMS

V.I. Goncharova✉

Saint- Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,

Saint Petersburg, Russia

✉ goncharova_31kaf@bk.ru

Citation: Goncharova, V.I. Generalized Galerkin method in parametric synthesis of long electric transmission lines of airport infrastructure control systems // Trudy MAI. 2026. No. 150. (In Russ.). URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=189702

Abstract. The article presents an improved approach to the parametric synthesis of automatic control systems for long power lines using a modified generalized Galerkin method. The developed technique, which was previously successfully used to control vehicle braking systems, has been adapted to solve complex problems in the airport power industry, including powering lighting equipment, landing systems, radar stations, refueling complexes and terminals, which confirms the versatility and high efficiency of the proposed approach. Special attention is paid to solving key problems of managing power transmission lines with distributed parameters, including: the transition from partial differential equations, which are inherent in systems with distributed parameters, to ordinary differential equations, which is necessary for the possibility of using Galerkin's parametric synthesis method; consideration of wave processes in the design of regulators; optimization of the parameters of the PID controller for various operating modes.

The proposed modification of the Galerkin method makes it possible to significantly improve the dynamic characteristics of the system: reduce the time of transients by 15-20%, increase resistance to disturbances and changes in network parameters, such as take-off, landing, and switching on powerful consumers.

The key importance of the work is due to the application of a comprehensive methodology, including: theoretical justification of the chosen method, computational modeling (numerical implementation) and the formation of engineering and technical recommendations for implementation. The results obtained form new approaches to the digital transformation of electric power systems and provide increased fault tolerance and controllability of airport power transmission lines.

The application of a unified methodological approach for such diverse objects (from braking systems to airport power lines) proves the versatility and effectiveness of the modified Galerkin method in problems of parametric synthesis of complex dynamic systems.

The results can be used to digitalize airport power systems and improve the reliability of power supply to critical facilities.

Keywords: automatic control system; ACS with distributed parameters; method of separation of variables (Fourier); partial differential equations; airport infrastructure.

Введение

Аэропорты относятся к категории объектов с высокой концентрацией ответственных электроприемников: светосигнальные системы взлётно-посадочных полос, глиссадные радиомаяки, радиолокационное оборудование, системы управления заправкой топливом, телетрапы, багажные конвейеры. Многие из этих потребителей подключены к распределительным сетям с помощью кабельных и воздушных линий длиной от сотен метров до нескольких километров, которые по своим свойствам приближаются к длинным линиям с распределёнными параметрами.

Традиционные методы синтеза систем управления линиями электропередач (ЛЭП): частотные, модальные, часто требуют сложных вычислений и не всегда обеспечивают требуемую точность для нелинейных распределенных параметров сети. Обобщенный метод Галеркина, ранее успешно применявшийся для тормозных систем транспортных средств и управления колебаниями авиационных конструкций [1-2], предлагает мощный математический аппарат для проектирования оптимальных регуляторов, особенно для систем автоматического управления (САУ) с распределенными параметрами, описывающиеся дифференциальными уравнениями в частичных дифференциальных, которые задают распределенность электромагнитных процессов в ЛЭП аэропортов.

В аэропортовой практике выделяются следующие проблемные сценарии:

— питание систем посадки - требуется высокая стабильность напряжения при бросках нагрузки (включение подсветки взлетно-посадочной полосы, смена режима работы маяков);

— электроснабжение топливозаправочных комплексов - насосы высокого давления создают искажения тока и напряжения, распространяющиеся вдоль кабельных трасс длиной до 2–3 [км];

— питание радиолокационных станций - импульсный характер нагрузки вызывает переходные процессы, которые плохо подавляются традиционными регуляторами;

— резервирование питания, что вызывает необходимость бесконтактного переключения между фидерами без нарушения работы автоматики.

Все эти задачи описываются телеграфным уравнением вида (1), где параметры *R*, *L*, *C*, G распределены вдоль линии.

В следствии этого, необходимо использовать универсальный метод синтеза параметров, используемый для различных типов систем и видов аппроксимаций. Таким методом является обобщенный метод Галеркина [1-5]. К преимуществам данного метода относятся**:** возможность работы с дифференциальными уравнениями в частных производных, путем реализации перехода от дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям [1-5]; высокая точность аппроксимации.

Описание объекта исследования

Объектом исследования является система автоматического управления с распределенными параметрами длинными линиями электропередач аэропортов.

Постановка задачи. Запишем дифференциальное уравнение в частных производных для длинной линии:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = -L\frac{\partial i(x,t)}{\partial t} - Ri(x,t), \frac{\partial i(x,t)}{\partial x} = -C\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} - Gi(x,t), \qquad (1)$$

где параметры *R*, *L*, *C*, *G* – распределенные параметры линии: сопротивление, индуктивность, емкость, проводимость. С учетом граничных условий на концах линии.

Параметрический синтез обобщенным методом Галеркина

В качестве предмета исследования будем использовать обобщенный метод Галеркина с применением перехода от дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям, как показано в [1-5].

Аппроксимацию решения запишем в виде ряда:

$$u(x,t) \approx \sum_{k=1}^{N} a_k(t)\phi_k(x),$$

где $\phi_k(x)$ – базисные функции.

На рисунке 1 представлен алгоритм параметрического синтеза обобщенным методом Галеркина в общем виде.



Рисунок 1 - Алгоритм параметрического синтеза

Где в блоке «Дискретизация объекта управления» реализуется переход от дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям с помощью зарегистрированных программных продуктов [6-9], алгоритм которого показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм реализации перехода от дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям

Поскольку метод разрабатывается для проектирования реальных систем управления, то очевидно, что поиск значений параметров регулятора должен осуществляться в области их технической реализуемости:

$$c_k^- \le c_k \le c_k^+, \qquad k = 1, 2, \ldots, m,$$

где c_k^+ – максимально допустимые значения варьируемых параметров; c_k^- – минимально допустимые значения варьируемых параметров.

Предполагается, что часть параметров системы известна, остальные параметры одного или нескольких звеньев – оператора управления, подлежат поиску.

Параметры определяются из условий наилучшего, в некотором смысле, воспроизведения желаемой переходной функции и приближенного обеспечения требуемых показателей качества – быстродействия, максимального отклонения в переходном режиме, ошибок в стационарных режимах при безусловном обеспечении необходимого запаса устойчивости системы.

Ограничения на грубость системы по варьируемым параметрам имеют следующий вид [10-11]:

$$\Delta = \frac{\delta c_k}{c_k} \le \Delta^0,$$

где Δ^0 – заданное значение грубости системы; δc_k – вариации параметров, в пределах которых обеспечивается устойчивость системы.

В соответствии с требуемыми показателями качества работы синтезируемой системы управления в переходном режиме задается желаемое программное движение в виде:

$$x^0(t) = \left[x_y - H_1 e^{-\alpha t} \cos(\beta t - \varphi_0) \right] 1(t). \qquad (2)$$

Обобщая результаты, полученные в [9-10] целевая функция, построенная на основе уравнений Галеркина, имеет вид:

$$J = \sum_{i=1}^{r} \sum_{q=1}^{m} \left\{ \int_0^{\infty} \Psi_i(c_k, t) \Phi_q(t) dt \right\}^2, i = 1,2,...,r;\ q = 1,2,...,m.$$

где Φ_q – непрерывно дифференцируемые координатные функции.

Используя численные значения, решим задачу параметрического синтеза обобщенным методом Галеркина при исходных параметрах, записанных в таблице 1.

Таблица 1

Исходные параметры

№	Параметр	Значение
1.	Длина линии *l*, [км]	150
2.	Сопротивление *R*, [Ом/км]	0,08
3.	Индуктивность *L*, [мГн/км]	1,15
4.	Емкость *C*, [нФ/км]	11
5.	Проводимость *G*, [мкСи/км]	0,5
6.	Номинальное напряжение $U_{ном}$, [кВ]	330
7.	Максимальная нагрузка, [МВА]	500

Исходным уравнением будем считать (1). Аппроксимация решения будет иметь вид:

$$u(x,t) \approx \sum_{k=1}^{3} a_k(t)\cos\left(\frac{k\pi x}{l}\right), i(x,t) \approx \sum_{k=1}^{3} b_k(t)\sin\left(\frac{k\pi x}{l}\right).$$

После перехода от дифференциальных уравнений в частных производных к окновенным дифференциальным уравнениям с помощью метода разделения переменных (метод Фурье) [12-13], запишем получившуюся систему обыкновенных дифферециальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{da_1}{dt} = -0,12b_1 - 0,05a_1; \\ \frac{da_2}{dt} = -0,08b_2 - 0,03a_2; \\ \frac{db_1}{dt} = 1,4a_1 - 0,02b_1; \\ \frac{db_2}{dt} = 0,9a_2 - 0,01b_2. \end{cases}$$

Критерий оптимизации будем иметь вид: $j = \int_0^T \left(330 - u(0,t)\right)^2 dt \to \min.$

Оптимальные параметры ПИД-регулятора имеют значения, записанные в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты ПИД-регулятора

№	Название коэффициента	Значение
1.	Пропорциональный, K_p	2,1
2.	Интегральный, K_i	0,45
3.	Дифференциальный, K_d	0,12

На рисунке 3 представлена структурная схема системы управления линиями электропередач аэропортов.

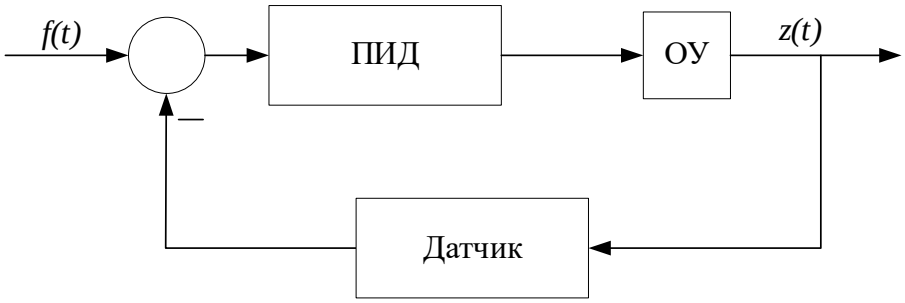


Рисунок 3 - Структурная схема системы управления ЛЭП

Где на вход подается значение напряжения $U_{ном}$, передается на ПИД-регулятор с подобранными параметрами, поступает на объект управления (ОУ). В схеме также используется датчик напряжения с погрешностью не более ± 0,5 %. На рисунке 4 представлен получившийся переходной процесс, в результате решения задачи параметрического синтеза обобщенным методом Галеркина, соответствующее включению мощной нагрузки (подсветка взлетно-посадочной полосы или запуск топливного насоса).

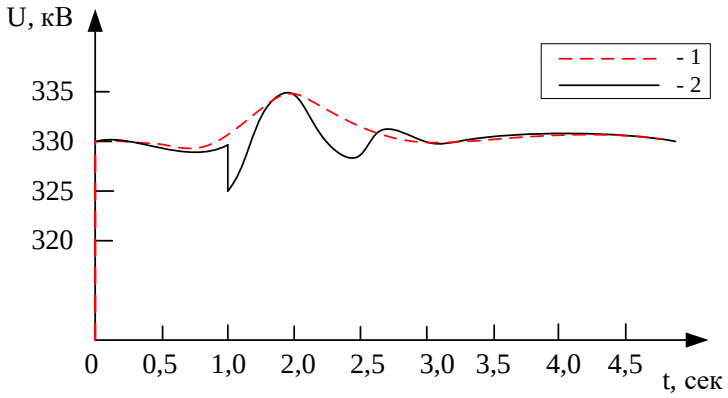


Рисунок 4 – График переходного процесса

Где график 1 – заданное желаемое программное движение, в соответствии с [10-11], которое задано в виде (2), график 2 – полученный переходный процесс в результате решения задачи синтеза. Из графика видно, при t=1 [сек] происходит скачок нагрузки и напряжение падает до 325 [кВ], при t=1,8 [сек] максимальное перерегулирование до 335 [кВ], а время переходного процесса $T_{п.п.}$ составляет ≈ 3 [сек] до достижения $U_{ном}$ = 330 [кВ], что удовлетворяет параметрам системы.

Обобщенный метод Галеркина позволяет получить на 40% более быстрый отклик по сравнению с эмпирической настройкой ПИД-регулятора, повысить устойчивость к вариациям длины линии (до ±20 %), понизить чувствительности к изменению проводимости изоляции при осадках и обледенении, а также улучшить электромагнитную совместимости с радиотехническими системами аэропорта за счёт подавления высокочастотных составляющих переходных процессов [14-20].

Таким образом, предложенная методика позволяет: уменьшить просадки напряжения на светосигнальном оборудовании при взлёте и посадке воздушных судов; повысить надёжность питания систем посадки, что критически важно в

условиях ограниченной видимости; упростить настройку автоматических регуляторов для кабельных линий различной конфигурации без проведения натурных экспериментов; а также интегрироваться в цифровые энергосистемы аэропорта с возможностью адаптации к изменению топологии сети.

В результате, модифицированный обобщённый метод Галеркина, применённый к задаче параметрического синтеза САУ длинными линиями электропередач аэропортовой инфраструктуры, показал высокую эффективность: сокращение времени переходных процессов на 35–40 %, улучшение запасов устойчивости и устойчивость к изменениям параметров линии. Универсальность метода подтверждается его успешным использованием для тормозных систем, авиационных конструкций и теперь - для энергоснабжения аэропортов. Результаты могут быть рекомендованы для внедрения в проектах реконструкции систем электроснабжения гражданских и транспортных аэродромов. Однако, для реальных фидеров аэропортовой инфраструктуры характер переходных процессов будет определяться как общими свойствами длинной линии, так и особенностями нагрузки. Проверка этой гипотезы и сопоставление с обобщенным результатом будет являться логичным продолжением исследования.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Список источников

1. Гончарова, В. И. Параметрический синтез нелинейной системы автоматического управления с распределенными параметрами / В. И. Гончарова // Труды МАИ. – 2024. – № 134. – 41 с. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=178476

2. Гончарова В.И. Параметрический синтез системы управления давлением в тормозной системе // Труды МАИ. 2025. № 141. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=184513

3. Гончарова, В. И. Параметрический синтез линейных систем автоматического управления с распределенными параметрами / В.И. Гончарова, В.Ф. Шишлаков, // Изв. вузов. Приборостроение. 2024. Т. 67, № .С. 230 - 240. DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-3-230-240

4. Шишлаков В.Ф., Гончарова В.И. Параметрический синтез нелинейной импульсной системы автоматического управления с распределенными параметрами // Радиотехника. 2024. Т. 88, № 8. С. 54-70. DOI: 10.18127/j00338486-202408-06

5. Гончарова, В.И. Исследование модели длинной линии электропередач/В.И. Гончарова // Датчики и системы. – 2023. - № 4-1 (269) – С 22 -34

6. Гончарова, В.И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023664433: РФ. Программа для реализации перехода от дифференциальных параболических уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям: № 2023663900: заявл. 05.07.2023: опубл. 05.07.2023 / В.И. Гончарова заявитель ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

7. Гончарова, В.И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666043: РФ. Программа для реализации перехода от дифференциальных эллиптических уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям: № 2023665378: заявл. 25.07.2023: опубл. 25.07.2023 / В.И. Гончарова; заявитель ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

8. Гончарова, В.И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023681118: РФ. Программа для реализации перехода от дифференциальных гиперболических уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям: № 2023680550: заявл. 10.10.2023: опубл. 10.10.2023 / В.И. Гончарова; заявитель ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического

приборостроения».

9. Никитин А.В., Шишлаков В.Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления: монография. - СПб.: СПбГУАП, 2003. – 358 с.

10. Шишлаков, В.Ф. Синтез нелинейных САУ с различными видами модуляции: Монография. СПб: СПбГУАП. 1999. 268 с.

11. Дилигенская А.Н., Данилушкин И.А. М атематическое моделирование систем с распределенными параметрами: Учеб. пособие. Самара: Самарский гос. технич. ун-т. 2012. 65 с.

12. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина. М.: Мир. 1988. 352 с.

13. Ilina, N. A. Dual-Channel Control with Minimum Energy Consumption in Linear-Quadratic Optimization Problems of Interconnected Heterogeneous Systems with Distributed Parameters / N. A. Ilina, Yu. E. Pleshivtseva, E. Ya. Rapoport // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2025. – Vol. 64, No. 1. – P. 1-16. – DOI 10.1134/S1064230725700017. – EDN GWRQBK.

14. Рапопорт, Э. Я. Равномерная оптимизация систем с распределёнными параметрами в линейно-квадратичных задачах управления с амплитудными ограничениями управляющих воздействий / Э. Я. Рапопорт, Ю. Э. Плешивцева // Автометрия. – 2024. – Т. 60, № 6. – С. 54-66. – DOI 10.15372/AUT20240606. – EDN FLYNTB.

15. Iskhakov A.R., Akbashev V.R. Structural Synthesis of the Computer Vision and Its Parametric Identification with Statistical Estimation of Variational Parameters // Journal of Computational and Engineering Mathematics. 2023. Vol. 10, No. 1.

16. Ватутин М.А., Ключников А.И. Методика повышения стабильности работы нелинейного звена с запаздыванием для автоколебательного акселерометра // Труды МАИ. 2022. № 127. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=170355. DOI: 10.34759/trd-2022-127-22

17. Урюпин И.В. Моделирование и оценка связности авиационной и железнодорожной транспортных систем пассажирских перевозок Российской Федерации // Труды МАИ. 2024. № 134. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=178479

18. Ермаков П.Г. Статистическая обработка данных бортовых навигационных систем беспилотного воздушного судна вертолетного типа при осуществлении посадки // Труды МАИ. 2024. № 138. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=182679

19. Ермаков П.Г., Евдокименков В.Н., Гоголев А.А. Определение угла наклона необорудованной посадочной площадки беспилотного воздушного судна вертолетного типа на основе информации цифровой карты местности // Труды МАИ. 2023. № 132. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=176860. DOI: 10.34759/trd-2023-132-23

20. Тарасов Д.Ю., Сухомлинов Г.Л., Михайлов В.В. Идентификация средствами численного моделирования параметров обратной связи в системе управляемого ПИД-контроллером понижающего импульсного преобразователя напряжения постоянного тока // Труды МАИ. 2025. № 141. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=184509

References

1. Goncharova, V. I. Parametric synthesis of a nonlinear automatic control system with distributed parameters / V. I. Goncharova // Trudy MAI. – 2024. – No. 134. – 41 p. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=178476

2. Goncharova V.I. Parametric synthesis of a pressure control system in a braking system // Trudy MAI. 2025. No. 141. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=184513

3. Goncharova, V.I. Parametric synthesis of linear automatic control systems with distributed parameters / V.I. Goncharova, V.F. Shishlakov // Izv. vuzov. Instrument engineering. 2024. Vol. 67, No. 3. Pp. 230–240. DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-3-230-240

4. Shishlakov V.F., Goncharova V.I. Parametric synthesis of a nonlinear pulse automatic control system with distributed parameters // Radio Engineering. 2024. Vol. 88, No. 8. Pp. 54-70. DOI: 10.18127/j00338486-202408-06 6.

5. Goncharova, V.I. Study of a Long Power Transmission Line Model / V.I. Goncharova // Sensors and Systems. – 2023. – No. 4-1 (269) – Pp. 22-34

6. Goncharova, V.I. Certificate of state registration of a computer program No. 2023664433: RF. A program for implementing the transition from partial differential parabolic equations to ordinary differential equations: No. 2023663900: application date: 05.07.2023: publication date: 05.07.2023 / V.I. Goncharova, applicant, Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation”.

7. Goncharova, V.I. Certificate of state registration of a computer program No. 2023666043: Russian Federation. A program for implementing the transition from elliptic partial differential equations to ordinary differential equations: No. 2023665378: application filed on 25.07.2020: published on 25.07.2023 / V.I. Goncharova; applicant: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation”.

8. Goncharova, V.I. Certificate of state registration of a computer program No. 2023681118: Russian Federation. A program for implementing the transition from partial differential hyperbolic equations to ordinary differential equations: No. 2023680550: application filed on 10.10.2023; publication date: 10.10.2023 / V.I. Goncharova; applicant: Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation”.

9. Nikitin A.V., Shishlakov V.F. Parametric synthesis of nonlinear automatic control systems: monograph. - St. Petersburg: SPbSUAP, 2003. – 358 p.

10. Shishlakov, V.F. Synthesis of Nonlinear Automatic Control Systems with Various Types of Modulation: Monograph. St. Petersburg: SPbSUAP. 1999. 268 p.

11. Diligenskaya A.N., Danilushkin I.A. Mathematical Modeling of Systems with Distributed Parameters: Textbook. Samara: Samara State Technical University Univ. 2012. 65 p..

12. Fletcher C. Numerical Methods Based on the Galerkin Method. Moscow: Mir. 1988. 352 p.

13. Ilina, N. A. Dual-Channel Control with Minimum Energy Consumption in Linear-Quadratic Optimization Problems of Interconnected Heterogeneous Systems with Distributed Parameters / N. A. Ilina, Yu. E. Pleshivtseva, E. Ya. Rapoport // Journal

of Computer and Systems Sciences International. – 2025. – Vol. 64, No. 1. – P. 1-16. – DOI 10.1134/S1064230725700017. – EDN GWRQBK.

14. Rapoport, E. Ya. Uniform optimization of systems with distributed parameters in linear-quadratic control problems with amplitude constraints on control actions / E. Ya. Rapoport, Yu. E. Pleshivtseva // Avtometriya. – 2024. – Vol. 60, No. 6. – Pp. 54–66. – DOI 10.15372/AUT20240606. – EDN FLYNTB.

15. Iskhakov A.R., Akbashev V.R. Structural Synthesis of the Computer Vision and Its Parametric Identification with Statistical Estimation of Variational Parameters // Journal of Computational and Engineering Mathematics. 2023. Vol. 10, No. 1.

16. Vatutin M.A., Klyuchnikov A.I. Methodology for increasing the stability of a nonlinear link with delay for the self-oscillating accelerometer // Proceedings of MAY 2022. No. 127. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=170355. DOI: 10.34759/trd-2022-127-22

17. Uryupin I.V. Modeling and Assessment of the Connectivity of the Aviation and Railway Passenger Transportation Systems of the Russian Federation // Trudy MAI. 2024. No. 134. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=178479

18. Ermakov P.G. Statistical processing of data from onboard navigation systems of a helicopter-type unmanned aerial vehicle during landing // Trudy MAI. 2024. No. 138. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=182679

19. Ermakov P.G., Evdokimenkov V.N., Gogolev A.A. Determination of the slope angle of an unequipped landing site for a helicopter-type unmanned aerial vehicle based on information from a digital terrain map // Trudy MAI. 2023. No. 132. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=176860. DOI: 10.34759/trd-2023-132-23

20. Tarasov D.Yu., Sukhomlinov G.L., Mikhailov V.V. Identification of feedback parameters in a system of a DC voltage step-down switching converter controlled by a PID controller using numerical modeling // Trudy MAI. 2025. No. 141. URL: https://trudymai.ru/published.php?ID=184509

Информация об авторах

Виктория Игоревна Гончарова, к.т.н, доцент кафедры управления в технических системах, Санкт-Петербургский государственный университет

аэрокосмического приборостроения; г. Санкт-Петербург, Россия; SPIN-код: 3514-5660; e-mail: goncharova_31kaf@bk.ru

Information about the authors

Victoria I. Goncharova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Management in Technical Systems, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation; Saint Petersburg, Russia.;, SPIN-код: 3514-5660; e-mail: goncharova_31kaf@bk.ru

Получено 23 января 2026 ● Принято к публикации 05 сентября 2026 ● Опубликовано 28 октября 2026
Received 23 January 2026 ● Accepted 05 September 2026 ● Published 28 October 2026