

## **Формалізація комплексних методів нелінійного аналізу та оптимального керування складними розподіленими системами різної природи**

### **Формализация комплексных методов нелинейного анализа и оптимального управления сложными распределенными системами различной природы**

#### **The formalization of complex methods of nonlinear analysis and optimal control for complex distributed systems of different nature**

1. Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті: 0114U001520.
2. Науковий керівник (вчений ступінь, звання)  
Д.ф.-м.н., доцент Касьянов П.О., Касьянов П.О., Kasyanov P.O.
3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблено нові та узагальнено існуючі методи нелінійного аналізу для дослідження динаміки слабких розв'язків класів неавтономних еволюційних задач з негладкими, розривними або багатозначними функціями взаємодії. Отримано апріорні оцінки та встановлено топологічні властивості розв'язків класів досліджуваних задач. Встановлено теореми про існування, регулярність та структурні властивості граничних циклів розв'язків класів нелінійних еволюційних задач. Досліджено довгострокову динаміку функцій стану нелінеаризованих математичних моделей керованих процесів та полів різної природи, які підпорядковуються негладким суперпотенціальним законам.

Розроблено нові та узагальнено існуючі апроксимаційні методи розв'язання задач керування для еліптичних та параболічних систем рівнянь з частинними похідними з особливостями в коефіцієнтах диференціальних операторів та з нелокальними крайовими умовами. Досліджено задачу оптимального керування для нелінійних вироджених еліптичних задач з керуючими матричними коефіцієнтами в головній частині диференціального оператора, у тому числі з анізотропним  $p$ -Лапласіаном та крайовими умовами Діріхле. Запропоновано та обґрунтовано апроксимаційні методи розв'язання вказаної нелінійної задачі оптимального керування з виродженням в головній частині диференціального оператора. Запропоновано пасивну керуючу схему для оптимізації гідродинамічних характеристик квадратної призми; знайдено оптимальні параметри керуючого пристрою.

Створено комплекс взаємопов'язаних нелінійних моделей розподільчих систем, що враховують видобуток, прокачування, зберігання та споживання енергетичних ресурсів, а також можливість перерозподілу навантаження за рахунок оптимізації основних параметрів мережі. Побудовано алгоритми оптимального розподілу ресурсів із застосуванням методів нелінійного програмування та декомпозиційно-ієрархічних схем.

(рос.)

Разработаны новые и обобщены существующие методы нелинейного анализа для исследования динамики слабых решений классов неавтономных эволюционных задач с негладкими, разрывными или многозначными функциями взаимодействия. Получены априорные оценки и установлены топологические свойства решений классов исследуемых задач. Установлены теоремы о существовании, регулярности и структурных свойствах предельных циклов решений классов нелинейных эволюционных задач. Исследована долгосрочная динамика функций состояния нелинеаризованных математических моделей управляемых процессов и полей различной природы, которые подчиняются негладким суперпотенциальным законам.

Разработаны новые и обобщены существующие аппроксимационные методы решений задач управления для эллиптических и параболических систем уравнений в частных производных с особенностями в коэффициентах дифференциальных операторов и с нелокальными краевыми условиями. Исследована задача оптимального управления для нелинейных вырожденных эллиптических задач с управляющими матричными коэффициентами в главной части дифференциального оператора, в том числе с анизотропным  $p$ -лапласиан и краевыми условиями Дирихле. Предложены и обоснованы

аппроксимационные методы решений указанной нелинейной задачи оптимального управления с вырождением в главной части дифференциального оператора. Предложена пассивная управляющая схема для оптимизации гидродинамических характеристик квадратной призмы; найдены оптимальные параметры управляющего устройства.

Создан комплекс взаимосвязанных нелинейных моделей распределительных систем, учитывающих добычу, прокачку, хранение и потребление энергетических ресурсов, а также возможность перераспределения нагрузки за счет оптимизации основных параметров сети. Построены алгоритмы оптимального распределения ресурсов с применением методов нелинейного программирования и декомпозиционно-иерархических схем.

(англ.)

The new methods of nonlinear analysis to study the dynamics of weak solutions for non-autonomous evolution problems with nonsmooth, discontinuous or multivalued functions are developed. A priori estimates are obtained, and the topological properties of solutions are justified. The theorems on the existence, regularity and structural properties of limit cycles for classes of solutions of nonlinear evolution problems are established. The long-term dynamics of state functions for nonlinearized mathematical models of controlled processes and fields of different nature with nonsmooth superpotential laws is investigated.

The new approximation methods for control problems solving for elliptic and parabolic systems with partial differential equations in the critical coefficients and differential operators with nonlocal boundary condition are developed. The problem of optimal control for nonlinear degenerate elliptic problems with control matrix coefficients in the main part of a differential operator, including anisotropic p-Laplacian with Dirichlet boundary conditions is investigated. The approximation methods of solving for the nonlinear optimal control problem with degeneration in the main part of a differential operator are proposed and justified. A passive control scheme to optimize the hydrodynamic characteristics of a square prism is developed; the optimal parameters of control device are obtained.

A complex of related nonlinear models of distributed systems, that take into account the production, pumping, storage and consumption of energy resources is developed. The possibility of redistributing the load by optimizing the basic network settings is obtained. The algorithms of optimal distribution of resources using methods of nonlinear programming and hierarchical decomposition schemes are built.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Не заплановано.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Робота відповідає **світовому** рівню досліджень в даній галузі. В порівнянні з існуючими одержані результати дозволяють вивчати нові, ширші класи нелінійних граничних задач з односторонніми обмеженнями, задач теорії керування нелінійними розподіленими системами в формі оберненого зв'язку, досліджувати багатозначну динаміку розв'язків задач оптимального керування, нелінійні ефекти, які виникають в теорії в'язко-пружності, хімічної кінетики, квантової механіки, економіки тощо. Розроблений теоретичний апарат дозволяє вперше конструктивно та якісно вивчати багатозначну динаміку неавтономних керованих процесів та полів різної природи.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Застосування розробленої схеми керування обтіканням квадратної призми дозволяє зменшити середній опір і флуктуаційні сили, що діють на призму; оптимальне керування дає можливість знизити коефіцієнт гідродинамічного опору квадратної призми від 20% до 35%, зменшити амплітуду під'ємної сили від 50% до 70%, залежно від числа Рейнольдса, що дозволяє значно зменшити витрати на виробництво та експлуатацію. Розроблена загальна схема формування та взаємного узгодження управлінських рішень для ПЕК та газотранспортних систем забезпечує гарантований економічний ефект до 15% від неефективно використаних ПЕР на валові витрати.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Користувачами розроблених засобів може бути широке коло промислових, науково-дослідних та навчальних установ, зокрема підприємства паливно-енергетичного комплексу та авіа-космічної галузі. Крім того, сферами використання можуть бути хіміко-технологічна та медико-біологічна галузь.

Одержані теоретичні результати знайдуть своє продовження в прикладних дослідженнях, зокрема спільних (в рамках угод і договорів) з колективом Університету штату Нью-Йорк; потенціал: до 1 млрд. дол.. США.

#### 8. Стан готовності розробки

Розробку реалізовано у вигляді теоретичних результатів та розроблених методів, представлених в науковому звіті НДР. Розробка готова для впровадження в навчальний процес та подальшу наукову діяльність, пов'язану з заданою тематикою.

#### 9. Існуючі результати впровадження.

Результати впроваджено в роботу Світового центру даних (методологія довгострокового прогнозування динаміки розв'язків класів нелінійних неавтономних задач в нескінченновимірних просторах, що описують процеси дифузійного типу, забезпечила можливість аналізу та прогнозування довгострокової динаміки широких класів неавтономних дифузійних процесів та полів, початковий стан яких не визначає однозначно їх подальшу поведінку; загальна схема формування та взаємного узгодження управлінських рішень для ПЕК та газотранспортних систем дала змогу розв'язувати комплекс взаємопов'язаних задач оптимізації експлуатації газотранспортної системи, зокрема провести попередню оцінку ефективності системи при проектуванні мереж, розрахувати попередній план подачі газу в мережу при сезонній зміні потреб користувачів, гарантувати задоволення споживачів при аварійних відмовах деяких вузлів), Наукового парку «Київська політехніка» (методи розв'язання задач оптимального керування дозволили ефективно вирішити ряд прикладних задач, зокрема, пов'язаних з композитними матеріалами, такими як нелінійні діелектричні композити тощо; схема керування обтіканням квадратної призми дозволила зменшити середній опір і флуктуаційні сили, що діють на призму). Результати досліджень стали запорукою до подальшого наукового співробітництва з провідними навчально-науковими центрами Європи та США, зокрема вони знайдуть своє продовження в прикладних дослідженнях, зокрема спільних (в рамках угод і договорів) з колективом Університету штату Нью-Йорк, США. Результати виконавців проекту були відзначені стипендіями на участь в роботі міжнародної наукової школи 8th Elgersburg School 2016 (February 28 – March 5, 2016, Universität Passau), Ельгерсбург, Німеччина.

#### 10. Форма участі інвестора

Форма участі інвестора – процент від економічної вигоди, що досягається ефектом зменшення фінансово-економічних втрат при використанні запропонованих методів, моделей, підходів та алгоритмів.

#### 11. Обсяг інвестицій

Зважаючи на високий науковий рівень отриманих результатів та налагоджену наукову співпрацю виконавців НДР з провідними університетами Європи та США (зокрема, Centro de Investigación Operativa University Miguel Hernandez de Elche, Аліканте, Іспанія, Stony Brook University of New York, Нью-Йорк, США, Università degli Studi di Napoli Federico II, Неаполь, Італія тощо), теоретичні результати знайдуть своє продовження в прикладних дослідженнях, зокрема спільних (в рамках угод і договорів). Потенціальний обсяг інвестицій складає до 1 млрд. дол. США.

#### 12. Мета інвестицій

Виведення світової науки на новий математичний рівень в рамках міжнародної співпраці ряду провідних університетів Світу. А також створення на базі Наукового парку «Київська політехніка» установ або підприємств для практичної реалізації отриманих фундаментальних результатів.

#### 13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

14. Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді

**Довгострокова динаміка розв'язків класів нелінійних неавтономних задач в нескінченновимірних просторах, що описують процеси дифузійного типу.**

$$\begin{cases} y_t(x, t) = a\Delta y(x, t) - f(x, t, y(x, t)), \\ y|_{\partial\Omega} = 0. \end{cases}$$

- Одержано нові топологічні властивості слабких розв'язків задач.
- Доведено існування рівномірного траєкторного атратора.
- Встановлено умови існування рівномірного траєкторного атратора в найсильніших топологіях.

$$\begin{cases} y'(t) + A(t, y(t)) \ni \bar{0}, \\ y|_{\partial\Omega} = 0. \end{cases}$$

- Встановлено апіорні оцінки для кожного слабого розв'язку задачі.
- Отримано нові топологічні властивості слабких розв'язків.
- Доведено існування компактного рівномірного траєкторного атратора.

**Розробка методів оптимального керування класами нелінійних диференціально-операторних систем**

$$\begin{cases} I(A, y, z) = \int_{\Omega} |z(x) - z_d(x)|^2 dx \rightarrow \min, \\ \int_{\Omega} |A^{1/2} \nabla y|^{p-2} (A \nabla y, \nabla \varphi)_{\mathbb{R}^N} dx = \int_{\Omega} f \varphi dx, \quad \forall \varphi \in W_0^{1,p}(\Omega), \\ A \in \mathfrak{A}_{\text{ad}}, \quad y \in W_0^{1,p}(\Omega), \\ \int_{\Omega} z \phi dx + \int_{\Omega} BF(y, z) \phi dx = 0, \quad \forall \phi \in L^q(\Omega). \end{cases}$$

Для задачі оптимального керування в коефіцієнтах з виродженою еліптичною варіаційною нерівністю:

- показано, що множина допустимих пар для задачі є секвенційно замкнутою;
- показано, що оптимізаційна задача є розв'язною в класі слабких розв'язків.

$$\begin{cases} \text{мінімізувати } I(A, y) = \|y - y_d\|_{L^2(\Omega)}^2 \text{ за обмежень} \\ (-\Delta_p(A, y), v - y)_{W^{-1,q}(\Omega); W_0^{1,p}(\Omega)} \geq \int_{\Omega} f(v - y) dx \text{ для всіх } v \in K, \\ A \in \mathfrak{A}_{\text{ad}}. \end{cases}$$

Для задачі оптимального керування в коефіцієнтах з невивродженою еліптичною варіаційною нерівністю:

- показано її коректність та встановлено існування оптимальних пар;
- забезпечено коректність аналізу збурених еліптичних варіаційних нерівностей та, відповідно, задачі оптимального керування.

**Розробка методів оптимального керування класами нелінійних диференціально-операторних систем**

мінімізувати

$$\left\{ I(A, y) = \int_{\Omega} |y(x) - y_d(x)|^p dx + \int_{\Omega} (|\nabla y(x)|, A(x) \nabla y(x))_{\mathbb{R}^N}^{p/2} dx + \sum_{i,j=1}^N \int_{\Omega} |D a_{ij}(x)| \right\}$$

за обмежень

$$-\text{div}(|(A(x) \nabla y, \nabla y)_{\mathbb{R}^N}|^{(p-2)/2} A(x) \nabla y) = f \text{ в } \Omega, \\ y = 0 \text{ на } \partial\Omega.$$

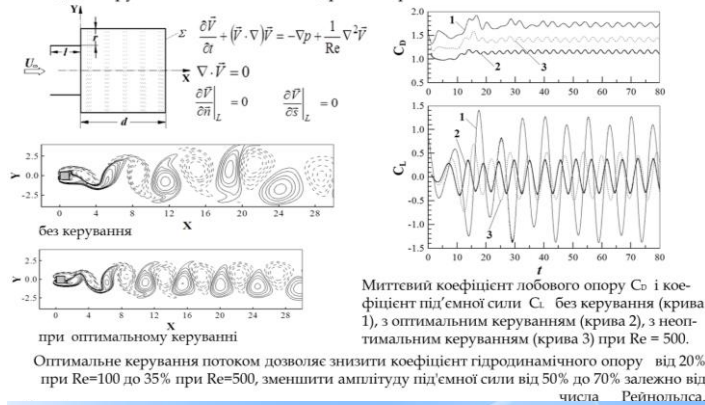
$$A \in BV(\Omega; \mathbb{S}^N), \quad \int_{\Omega} A(x) dx = M, \quad A \in \mathfrak{M}_a^{\mathbb{S}}(\Omega).$$

Для оптимізаційної задачі, що містить некоректну крайову задачу:

- доведено розв'язність рівняння з нелінійним узагальненим р-лагласом, з необмеженими коефіцієнтами в лінійній частині диференціального оператора;
- для необмежених косиметричних матриць було побудовано послідовність регуляризованих оптимізаційних задач;
- встановлено достатні умови, при яких вихідна задача оптимізації допускає оптимальні розв'язки, які є досяжними через оптимальні розв'язки регуляризованих задач;
- для регуляризованих задач оптимізації встановлено умови оптимальності.

## Розробка методів оптимального керування класами нелінійних диференціально-операторних систем

Задача керування обтіканням квадратної призми



## Розвиток системного підходу до управління розподільчими мережами енергетичного комплексу

Задача знаходження найкращого розподілу потоків речовини вздовж мережі

$$F = \sum_{(i,j) \in V} \int_0^{x_{ij}} f_{ij}(t) dt \rightarrow \min$$
$$\sum_{j:(i,j) \in V} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in V} x_{ji} = d_i, i \in N$$
$$r_{ij}^- \leq x_{ij} \leq r_{ij}^+, (i,j) \in V, \sum_{i \in N} d_i = 0.$$

Побудовано комплекс взаємопов'язаних нелінійних моделей розподільчих систем, що враховують видобуток, прокачування, зберігання та споживання енергетичних ресурсів, а також можливість перерозподілу навантаження за рахунок оптимізації основних параметрів мережі (модель розподілу потоків з усталеними поставками продукту, модель розподілу потоків з оптимальним перерозподілом постачальників продукту, модель розподілу потоків із врахуванням пріоритету джерел постачання продукту, модель оптимізації функціонування мережі в процесі наповнення і випорожнення сховищ газу).

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

Розділи монографій, що опубліковані у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу

1. Zgurovsky M.Z., Kasyanov P.O., Paliichuk L.S., Tkachuk A.M. Dynamics of Solutions for Controlled Piezoelectric Fields with Multivalued "Reaction-Displacement" Law // Continuous and Distributed Systems II: Theory and Applications / V.A. Sadovnichiy, M.Z. Zgurovsky eds. – 2015. – Vol. 2. – P. 267-276.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4\\_16#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4_16#page-1)

2. Kapustyan V.O., Kapustian O.A., Kapustyan O.V., Mazur O.K. The optimal control problem for parabolic equations with non-local boundary conditions in circular sector // Continuous and Distributed Systems II. Theory and Applications. Studies in Systems, Decision and Control (Sadovnichiy, Viktor A., Zgurovsky, Mikhail Z. (Eds.)). – 2015. – Vol. 30. – P. 297-315.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4\\_18#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4_18#page-1)

3. Kупенко O.P., Leugering G. On the Existence of Weak Optimal Controls in the Coefficients for a Degenerate Anisotropic p-Laplacian // Continuous and Distributed Systems II. Theory and Applications. Studies in Systems, Decision and Control (Sadovnichiy, Viktor A., Zgurovsky, Mikhail Z. (Eds.)). – 2015. – Vol. 30. – P. 315-337.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4\\_19#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4_19#page-1)

4. Gorban I.M., Khomenko O.V. Active near-wall flow control via a cross groove with suction // Continuous and Distributed Systems II. Theory and Applications. Studies in Systems, Decision and Control (Sadovnichiy, Viktor A., Zgurovsky, Mikhail Z. (Eds.)). – 2015. – Vol. 30. – P. 353-367.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4\\_21#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4_21#page-1)

5. Gorban I.M., Khomenko O.V. Flow control near a square prism with the help of frontal flat plates // Advances in Dynamical Systems and Control Series: Studies in Systems, Decision and Control / M.Z. Zgurovsky, V.A. Sadovnichiy eds. – 2016. – Vol. 69 – P. 327-350.

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-40673-2\\_17](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-40673-2_17)

6. Gluzman, M.O., Gorban, N.V., Kasyanov, P.O.: Lyapunov functions for differential inclusions and applications in Physics, Biology, and Climatology. Continuous and Distributed Systems II: Theory and Applications. Studies in Systems, Decision and Control. 30, 233-243 (2015) DOI: 10.1007/978-3-319-19075-4 14

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4\\_14#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19075-4_14#page-1)

#### Навчальні посібники:

1. Елементи нелінійного аналізу. Частина I: Вступ до прикладного функціонального аналізу [Електронний ресурс] / О. В. Капустян, Н. В. Горбань, Л. С. Палійчук [та ін.] ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 106 с. (протокол №5 від 08.06.15р., засідання вченої ради НТУУ КПІ).

2. Диференціальні рівняння: теорія та застосування [Електронний ресурс] : навчальний посібник / [Н. В. Горбань, Ю. В. Ловейкін, А. В. Сукретна, І. Д. Фартушний] ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 218 с. (лист МОН України №1/11-8442 від 03.06.14р.).

#### Наукові статті:

Опубліковані за темою проекту статті в журналах, що входять до науково-метричних баз даних Web of Science та Scopus з індексом SNIP  $\geq 0,8$  (Source Normalized Impact Per Paper)

1. Kapustyan O.V., Kasyanov P.O., Valero J. Structure and regularity of the global attractor of a reaction-diffusion equation with non-smooth nonlinear term // Discrete and Continuous Dynamical Systems. – 2014. – Vol. 34, Iss. 10. – P. 4155–4182. (5-Year Impact Factor згідно н.б. Web of Science:1.06; Scopus SNIP (2015) – 0.96)

<https://aimsciences.org/journals/displayArticles.jsp?paperID=9809>

2. Kapustyan O.V., Kasyanov P.O., Valero J. Regular Solutions and Global Attractors for Reaction-Diffusion Systems without Uniqueness // Communications on Pure and Applied Analysis. – 2015. – Vol. 13, Iss. 5. – P. 1891-1906. (5-Year Impact Factor згідно н.б. Web of Science: 0.708, Scopus SNIP (2015) – 0,99).

<http://www.aimsciences.org/journals/displayArticles.jsp>

3. Gluzman M.O., Gorban N.V., Kasyanov P.O. Lyapunov type functions for classes of autonomous parabolic feedback control problems and applications, Applied Mathematics Letters, 2015. – Vol. 39. –P. 19-21. (Scopus SNIP (2015) – 1.23).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.aml.2014.08.006>

4. Nataliia V. Gorban, Oleksiy V. Kapustyan, Pavlo O. Kasyanov Uniform trajectory attractor for non-autonomous reaction-diffusion equations with Caratheodory's nonlinearity, Nonlinear Analysis, Theory, Methods and Applications, 98 (2014) 13–26 (Scopus SNIP (2015) – 1,41) <http://dx.doi.org/10.1016/j.na.2013.12.004>

5. Feinberg, E.A., Kasyanov, P.O., Voorneveld, M. Berge's maximum theorem for noncompact image sets // Journal of Mathematical Analysis and Applications. – 2015. – Vol. 413, Iss. 2. – P. 1040-1046 (Scopus SNIP (2015) – 1.26).

[http://www.ams.sunysb.edu/~feinberg/public/Feinberg\\_KV.pdf](http://www.ams.sunysb.edu/~feinberg/public/Feinberg_KV.pdf)

6. Kupenko O.P., Manzo R. On one optimal control problem in corefficients for Coupled systems of Hammerstein type with anisotropic p-Laplacian // Revista Matematica (to appear) Scopus SNIP (2015) – 1.01).

Статті в журналах, що входять до науково-метричних баз даних Web of Science, Scopus.

1. Gorban N.V., Kasyanov P.O. On Regularity of All Weak Solutions and Their Attractors for Reaction-Diffusion Inclusion in Unbounded Domain // Continuous and Distributed Systems. Theory and Applications / M.Z. Zgurovsky, V.A. Sadovnichiy eds. – 2014. – P. 205-220. (Scopus SNIP (2015) – 0.14)



[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03146-0\\_15#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03146-0_15#page-1)

2. Gorban I.M., Khomenko O.V. Dynamics of Vortices in Near-wall Flows with Irregular Boundaries // Continuous and Distributed Systems: Theory and Applications / V.A. Sadovnichiy, M.Z. Zgurovsky eds. – 2014. – P. 215-129. (Scopus SNIP (2015) – 0.14)

[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-03146-0\\_9#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-03146-0_9#page-1)

3. Kapustyan O. V., Rusina A. V. Approximate Synthesis of Distributed Bounded Control for a Parabolic Problem with Rapidly Oscillating Coefficients // Ukrainian Mathematical Journal. – 2015. – Vol. 67, Iss. 3. – P. 408–420. DOI: 10.1007/s11253-015-1089-x

(Scopus SNIP (2015) – 0.51) <http://link.springer.com/article/10.1007/s11253-015-1089-x>

4. Kapustyan, O.V., Kasyanov, P.O., Valero, J. Structure of the global attractor for weak solutions of a reaction-diffusion equation // Applied Mathematics and Information Sciences. – 2015. – Vol. 9, Iss. 5. – P. 2257-2264 (Scopus SNIP (2015) – 0.63).

[https://www.researchgate.net/publication/282923352\\_Structure\\_of\\_the\\_global\\_attractor\\_for\\_weak\\_solutions\\_of\\_a\\_reaction-diffusion\\_equation](https://www.researchgate.net/publication/282923352_Structure_of_the_global_attractor_for_weak_solutions_of_a_reaction-diffusion_equation)

5. Kirik E. E., Yakovleva A. P. Integrated Optimization Models and Problems of Gas Production, Distribution, and Storage // Cybernetics and Systems Analysis.. – 2014. – Vol. 50, Iss. 3. – P. 445–451 (Scopus SNIP (2015) – 0.63).

<http://link.springer.com/article/10.1007/s10559-014-9633-5>

6. Kупенко O.P., Manzo R. On Optimal Controls in Coefficients for Ill-Posed Non-Linear Elliptic Dirichlet Boundary Value Problems // DCDS (to appear) Scopus SNIP (2015) – 0.96)

7. Kasyanov P.O. On the Existence of Strongly Continuous Physical Solutions for Classes of Autonomous Evolutionary Variational Inequalities // Cybernetics and Systems Analysis. – 2015. – Vol. 51, Iss. 4. – P. 574-582 (Scopus SNIP (2015) – 0.63).

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10559-015-9748-3>

8. Zgurovsky, M.Z., Kasyanov, P.O.: Evolution inclusions in nonsmooth systems with applications for Earth data processing: Uniform trajectory attractors for nonautonomous evolution inclusions solutions with pointwise pseudomonotone mappings. Advances in Global Optimization. Springer Proceedings in Mathematics and Statistics. 95, 283-294 (2015) DOI: 10.1007/978-3-319-08377-3\_28

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-08377-3\\_28#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-08377-3_28#page-1)

9. Gorban, N.V., Kasyanov, P.O., Kapustyan, O.V., Palichuk, L.S.: On global attractors for autonomous wave equation with discontinuous nonlinearity. Continuous and Distributed Systems: Theory and Applications. Solid Mechanics and Its Applications. 211, 221-237 (2014) DOI: 10.1007/978-3-319-03146-0\_16 (Scopus SNIP (2015) – 0.14)

Опубліковані за темою проекту статті у журналах, що входять до переліку фахових видань України та мають ISSN.

1. Кирик Е.Е., Яковлева А.П. Комплексные оптимизационные модели и задачи добычи, распределения и хранения газа // Кибернетика и системный анализ . – 2014. – N 3. – С. 137-144.

[http://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDescription?doc\\_id=289190](http://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=289190)

2. Zgurovsky M.Z., Kasyanov P.O., Paliichuk L.S. Automatic feedback control for one class of contact piezoelectric problems // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – №1. – С. 56-68. (Index Copernicus, ICV 2014: 57.77)

<http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/33506>

3. Касьянов П.О., Палійчук Л.С. Потраєкторна поведінка класу керованих п'єзоелектричних полів з немонотонним потенціалом // Наукові вісті НТУУ «КПІ» – 2014. – №2. – С. 21-26.

<http://bulletin.kpi.ua/article/view/60384>

4. Gorban N.V. Long-term forecasts for state functions of autonomous inclusions of reaction-diffusion type in RN // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 1. – С. 92-101. (Index Copernicus, ICV 2014: 57.77)

[http://journal.iasa.com.ua/archive/2014/No1/2014-n1-gorban/view?set\\_language=en](http://journal.iasa.com.ua/archive/2014/No1/2014-n1-gorban/view?set_language=en)

5. Горбань І.М., Хоменко О.В. Теоретичні моделі керування пристінковими потоками // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 4. – С. 87-99. (Index Copernicus, ICV 2014: 57.77)  
<http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/37428>
6. Капустян О.В., Русіна А.В. Наближений синтез розподіленого обмеженого керування в параболічній задачі зі швидкоосцилюючими коефіцієнтами // УМЖ. – 2015. – Т. 67, №3. – С. 355-365.  
<http://umj.imath.kiev.ua/article/?lang=ua&article=9365>
7. Кірік О.Є. Підхід до розв'язання нелінійних оптимізаційних задач блочної структури зі зв'язуючими обмеженнями // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – Київ, 2015. – N 5. – С. 32-38/  
<http://bulletin.kpi.ua/article/view/65113>
8. Кірік О.Є. Розв'язання нелінійних оптимізаційних задач розподілу ресурсів у великих блочно-структурованих системах зі зв'язуючими параметрами // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2016. – № 3. – С.72-85(Index Copernicus, ICV 2014: 57.77)  
<http://library.ztu.edu.ua/doccard.php/113255>
9. Kупенко О. Р. On existence of optimal controls in coefficients for ill-posed nonlinear elliptic dirichlet boundary value problems with anisotropic p-Laplacian // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Моделювання. – 2016. – Вип. 24, № 8. – С. 106-117.  
<http://dx.doi.org/10.15421/141607>
10. Gorban N.V., Kasyanov P.O., Paliichuk L. S. On finite dimensional dynamics up to a small parameter of reaction-diffusion inclusion in unbounded domain // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Моделювання. – 2016. – Вип. 24, № 8. – С. 20-25.  
<http://dx.doi.org/10.15421/141602>

Виконавцями НДР:

захищено 1 дисертацію на здобуття ступеня кандидата фізико-математичних наук:

Горбань Н.В., науковий співробітник, «Траєкторні та глобальні атрактори класів квазілінійних неоднозначно розв'язних еволюційних систем», науковий керівник д.ф.-м.н., проф. Станжицький О.М., дата захисту 21.03.2016;

підготовлено до захисту 2 дисертаційні роботи на здобуття ступеня кандидата технічних наук:

Палійчук Л.С., молодший науковий співробітник, «Довгострокова поведінка функцій стану класу керованих технологічних процесів», науковий керівник д.ф.-м.н. Касьянов П.О.;

Хоменко О.В., молодший науковий співробітник, «Поведінка розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь та їх застосування в динаміці вихорів та керуванні потоком», науковий керівник д.ф.-м.н. Касьянов П.О.

Тези доповідей міжнародних конференцій.

1. Палійчук Л.С. Якісна поведінка класу керованих п'єзоелектричних полів з немонотонним потенціалом // Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції "Системний аналіз та інформаційні технології" (САІТ'2014) м.Київ, 26-30 травня 2014. – Київ: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2014. – С. 131.
2. Горбань Н.В. Динаміка розв'язків неавтономного рівняння реакції-дифузії з не лінійністю типу Каратеодорі // Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції "Системний аналіз та інформаційні технології" (САІТ'2014) м.Київ, 26-30 травня 2014. – Київ: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2014. – С. 76.
3. Gorban I.M., Khomenko O.V. Theoretical models of flow control in near-wall areas Каратеодорі // Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції "Системний аналіз та інформаційні технології" (САІТ'2014) м.Київ, 26-30 травня 2014. – Київ: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2014. – С. 35.



4. Gorban I.M., Khomenko O.V. Active Near-wall Flow Control Via a Cross Groove With Suction // The nonlinear analysis and application 2015: Materials of 3rd international scientific conference (01–03 April, 2015, Kyiv ). — NTUU “KPI”, 2015. — P. 21.
5. Горбань І.М., Хоменко О.В. Керування пристінковим потоком за допомогою інтерцептора і відбору рідини // Збірник тез 17-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2015, Київ, 22-25 червня 2015 р. / ННК “ІПСА”НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2015. – с. 59.
6. Paliichuk L.S. On the limit cycles for controlled piezoelectric fields // Збірник тез 17-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2015, Київ, 22-25 червня 2015 р. / ННК “ІПСА”НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2015. – с. 34.
7. Paliichuk L.S. The long-term forecasts for controlled piezoelectric fields // The nonlinear analysis and application 2015: Materials of 3rd international scientific conference (01–03 April, 2015, Kyiv ). — NTUU “KPI”, 2015. — P. 50.
8. Горбань Н.В. Сильний глобальний аттрактор тривимірної модифікованої системи Нав’є-Стокса в необмеженій каналоподібній області // Збірник тез 17-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2015, Київ, 22-25 червня 2015 р. / ННК “ІПСА”НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2015. – с. 60.
9. Gorban N.V., Kapustyan O.V., Khomenko O.V. On strong global attractor of the 3d Navier-Stokes equations in an unbounded domain of channel type // The nonlinear analysis and application 2015: Materials of 3rd international scientific conference (01–03 April, 2015, Kyiv). — NTUU “KPI”, 2015. — P. 19.
10. Kupenko O.P. On Henig Regularization of State-Constrained Optimal Control Problem for p-Laplace Equation // The nonlinear analysis and application 2015: Materials of 3rd international scientific conference (01–03 April, 2015, Kyiv ). — NTUU “KPI”, 2015. — P. 33.
11. Kapustyan O.V., Kasyanov P.O., Valero J. Regularity of global attractor for reaction-diffusion system with quadratic growth // The nonlinear analysis and application 2015: Materials of 3rd international conference (01–03 April, 2015, Kyiv ). — NTUU “KPI”, 2015. — P. 24.
12. Kapustian O.A., Mazur O.K. The optimal control problem with minimum energy for parabolic equation with non-local boundary conditions in circular sector // The nonlinear analysis and application 2015: Materials of 3rd international scientific conference (01–03 April, 2015, Kyiv). — NTUU “KPI”, 2015. — P. 25.
13. Горбань І.М., Хоменко О.В. Застосування схеми спійманих вихорів до керування потоком навколо квадратної призми / матеріали 18-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2015, Київ, 30 травня – 2 червня 2016 р. / ННК “ІПСА”НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2015. – с.70–71 .
14. Кірік О.Є. Декомпозиційний підхід до аналізу великих просторово розподілених об’єктів мережевої структури // XVII Міжнародна науково - технічна конференція "Системний аналіз та інформаційні технології" (САІТ'2015) м.Київ, 22-25 травня 2014. Матеріали конференції. – Київ: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2015. – С. 72-73.
15. Кірік О.Є. Побудова та дослідження комплексу моделей для оптимізації функціонування розподільчих систем VII міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації» (м.Кам’янець-Подільський, 21-22 квітня 2016 р.) Тези доповідей - .Кам’янець-Подільський, Нац. Ун-т ім. І.Огієнка, 2016. – С.92-93.
16. Кірік О.Є. Нелінійні оптимізаційні моделі та декомпозиційні методи для великих розподілених систем. Збірка наукових праць Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (с.Залізний Порт, 24-28 травня 2016р. (ISDMCI’2016). Херсон. – 2016. – С.73.
16. Надати ключові слова до розробки  
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ, СИСТЕМА РЕАКЦІЇ-ДИFUЗІЇ, ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ, ЕВОЛЮЦІЙНІ ЗАДАЧІ