

Розробка методів оптимального керування потоками в мережах із застосуванням теорії диференціальних ігор».

*Науковий керівник — д.ф.-м.н., проф. В.В. Остапенко.*

Розроблено нові методи керування динамічними та статичними потоками у мережах, які ґрунтуються на застосуванні теорії диференціальних ігор та методів оптимізації. Побудовано ефективні методи розв'язування задачі утримання для широких класів лінійних ігор. Введено поняття інваріантних множин для лінійних диференціальних та різницевих ігор утримання, і побудовано мінімальні та максимальні інваріантні множини, з будь-якої точки яких можливий розв'язок задачі утримання в умовах невизначеності. Динаміку описано лінійними рівняннями для дискретного та неперервного випадків.

Проведено дослідження потоків у мережах з узагальненим законом Кірхгофа. Розглянуто стаціонарні та динамічні потоки. У рамках сформульованих моделей розв'язуються такі важливі прикладні задачі як керування транспортом води в зрошувальних системах або газу в магістральних трубопроводах.

Розроблено нові ефективні методи знаходження оптимальних потоків на основі зміни структури графу шляхом заміни циклу в графі зірковим підграфом.

Ефективність запропонованого підходу забезпечується за рахунок зменшення кількості обчислень, коли замість невідомих потоків варіюються параметричні змінні, кількість яких дорівнює кількості замкнених циклів мережі. Наприклад, загальна довжина газопроводів України складає 35,6 тисяч км (більше 200 ділянок), у той же час українська газотранспортна система містить лише 6 замкнених циклів.

Додаткове підвищення ефективності потокорозподілення у запропонованих методах досягається за рахунок оптимального перерозподілу навантаження джерел.

Зауважимо, що загальний характер закономірностей, що досліджуються, дозволяє застосовувати викладені методи для розрахунку довільних розподільчих систем.

Пропонується використання результатів роботи для розв'язання практичних задач у галузях техніки та економіки. Результати з теорії ігор можна використовувати для керування різними технологічними процесами, зокрема, для керування рухом води у зрошувальних системах і рухом газу у газопроводах, а також рухом будь-якого продукту. Задачі розподілу у мережах виникли при розв'язуванні задач газорозподілу у магістральних трубопроводах і зрошувальної води між споживачами, що робить доцільним застосування отриманих результатів у цих галузях

### **Існуючі результати впровадження**

Основні теоретичні положення роботи впроваджені при викладанні навчальних курсів «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Теорія ігор та економічна поведінка», які викладаються у Міжнародному Соломоновому університеті, та «Теорія ігор», «Теорія оптимального керування», «Методи оптимізації», які викладаються у НТУУ «КПІ».

### **Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:**

1. Аміргалієва С.Н., Остапенко В.В., Остапенко О.В. Диференціальна гра з випадковою марківською перешкодою // Наукові вісті «КПІ». – 2010. – №4. – С.10-15.
2. Кірік О.Є. Оптимізація заповнення сховищ у задачах розрахунку потоків для розподільчих мереж // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – №1. – С.28-35.
3. Кірік О.Є. Алгоритми ітераційного квадратичного програмування для задач оптимального розподілу потоків // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 1. – С.101-113.
4. Кірік О.Є. Розподіл потоків в мережах складної кільцевої топології // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – №2. – С.18-26.

5. Остапенко В.В., Беляев Д.А. Расписание ремонта основных средств // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №2. – С.183-186.
6. Ostapenko V.V. Convexity and Differential Games in the book “Pareto Optimality, Game theory and Equilibrium”. – Springer, 2008. – P.647-694.
7. Кірік О.Є. Методи SQP для задач розподілу потоків // X Міжнародна науково-технічна конференція „Системний аналіз та інформаційні технології” (м. Київ, 20-24 травня 2008р.) Тези доповідей. – Київ, 2008. – С.85.
8. O.Kirik Application of some nonlinear optimization methods for network flow problems // Nonlinear analysis and applications. Conference on memory of V.S.Melnik (Kyiv, April 2-4, 2009) Books of abstracts. – Kyiv, Ukraine. – P.39.
9. Кірік О.Є. Розв'язання задач стабілізації та оптимізації газотранспортних мереж // Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту" (ISDMCI'2009) м. Євпаторія, 18-22 травня 2009р. Матеріали конференції. Том 1.– Херсон: ХНТУ, 2009. – С.67-68.

### Методи оптимізації для нелінійних задач розподілу потоків у розподільчих мережах з перерозподілом навантаження джерел постачання продукту

Математичний опис потокорозподілення у вигляді нелінійних оптимізаційних задач з інтегральними цільовими функціями дозволяє охопити достатньо широкий спектр розподільчих мереж, але при розрахунках вимагає застосування ефективних методів нелінійного програмування



$$F = \sum_{(i,j) \in V} \int_0^{x_{ij}} f_{ij}(t) dt$$

$$\sum_{j:(i,j) \in V} x_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in V} x_{ji} = d_i, i \in N \quad r_{ij}^- \leq x_{ij} \leq r_{ij}^+, (i,j) \in V$$