

Українська державна академія залізничного транспорту

Тимошенко Євген Валерійович

УДК 519.854:621.391:681.324

**ОПЕРАТИВНИЙ РОЗПОДІЛ ЗАВДАНЬ
В КЛАСТЕРАХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВІ GRID - ТЕХНОЛОГІЙ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків-2009

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерство транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Панченко Сергій Володимирович,
Українська державна академія залізничного транспорту, доцент кафедри автоматичного та комп'ютерного телекерування рухом поїздів, проректор УкрДАЗТ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Краснобаєв Віктор Анатолійович,
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, професор кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій;

кандидат технічних наук, доцент
Алексієв Володимир Олегович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри мехатроніки автотранспортних засобів.

Захист відбудеться «___» _____ 20__ р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий «___» _____ 20__ р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Г.В. Альошин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні телекомунікаційні системи (ТКС) повинні забезпечувати доступ користувачів до безлічі служб: мовної, даних, тексту, зображень, телеконференцій, баз даних комп'ютерних мереж, а також тих, що забезпечують вихід користувачів приватних локальних мереж до абонентів мереж загального користування та ін. Подальший їх розвиток залежить від ефективності управління мережними ресурсами (буферним, інформаційним, каналним) та пов'язаний із вдосконаленням механізмів управління чергами, трафіком, маршрутизацією та розподілом пропускну здатності трактів передачі. Розв'язання цієї задачі можливе при застосування у ТКС комп'ютерних кластерів та впровадження *Grid* - технології.

Мережна технологія *Grid* дозволяє створити потужний інструмент обробки інформації для наукової, виробничої та телекомунікаційної сфер. Побудова національної інфраструктури *Grid* сприятиме інтеграції України у Європейський науковий простір та вирішенню наступних завдань:

- обслуговування Українського Міжнародного Центру Даних та надання доступу до наукової інформації, використання потужних комп'ютерів ресурсів й експериментальних установок;

- об'єднання наукової та освітньої обчислювальної й комунікаційної інфраструктури в національну *Grid*, а також підключення її до Європейської *Grid* – інфраструктури;

- забезпечення інформаційної підтримки спільних проектів українських та іноземних науковців з питань геофізики, комп'ютеризації проектування, вдосконалення ТКС та ін.;

- рішення виробничих, інженерних та бізнесових задач розвитку мережевого транспортного середовища, технологій високошвидкісної передачі даних шляхом використання обчислювальних ресурсів комп'ютерних кластерів, що належать окремим організаціям.

Основоположниками концепції *Grid* вважаються Фостер Я. (*Jan Foster*) та Кессельман К. (*Carl Kesselman*). Суттєвий внесок у розвиток технології *Grid* зробили вчені: Алексієв В.О., Коваленко В.Н., Корягін Д.А., Лістровий С.В., Мінухін С.В., Фрей Д. (*Jeffrey Frey*), Хайнос М. (*Matthew Hainos*), Чайковскі К. (*Karl Czajkowski*) та ін.

Функціонування сучасних ТКС та мереж зв'язку здійснюється у масштабі реального часу, забезпечуючи швидкий і гнучкий розподіл інформаційних потоків. Тому системи керування ними повинні бути високопродуктивними, відрізнятися простотою й надійністю у експлуатації. Найбільш перспективним для цього, є застосування телекомунікаційної технології *Grid* разом з використанням у структурі керування ТКС комп'ютерних кластерів. При цьому, виникають проблеми конкурування двох потоків даних, що надходять у кластер ТКС, а також зниження ефективності його роботи через відмову обчислювальних ресурсів. Це вимагає адаптивного та своєчасного перерозподілу комплексу оброблюваних кластером завдань та розділення його обчислювальних ресурсів. Таким чином актуальність теми дисертаційного дослідження визначається необхідністю розробки методу оперативного плану-

вання розподілу інформаційно-розрахункових завдань (ІРЗ) в комп'ютерних кластерах ТКС на основі *Grid* - технології.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи та напрямок проведених у ній досліджень відповідають задачам наступних державних програм: «Комплексна програма створення Єдиної національної системи зв'язку України до 2010 року»; «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій»; Державна програма «Розвиток інформаційних і телекомунікаційних технологій в освіті і науці на період 2006 -2010 роки» (постанова Кабінету Міністрів України від 07.12.05 р. №1153); «Створення національної *Grid* - інфраструктури для забезпечення наукових досліджень» (наказ Міністерства освіти і науки України від 22.08.07 р. № 758); Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року (схвалена постановою Кабінету Міністрів України «Про концепцію розвитку зв'язку України» від 9.12.99 р. №2238); Концепція Національної програми інформатизації (затверджена Законом України «Про Національну програму інформатизації України» від 04.02.98 р. №74/98-ВР).

Основні результати роботи одержані дисертантом при виконанні держбюджетної (Держпрограма МОН України № ІТ/476-2007) науко-дослідної роботи по темі № 64/2007-2008 «Розроблення інтелектуальної системи пошуку та оптимального розподілу ресурсів в *Grid*- мережах» (ДР № 0107U007559).

Мета і завдання дослідження. Дослідження спрямоване на підвищення ефективності роботи, якості обслуговування, а також розширення функціональних можливостей ТКС на основі використання комп'ютерних кластерів із застосуванням *Grid* - технології. Мета роботи полягає в підвищенні оперативності планування розподілу завдань у кластерах ТКС. Її досягнення полягає в розробці методу оперативного планування розподілу ІРЗ у кластерах ТКС на основі технології *Grid* та здійснюється шляхом рішення наступних завдань дослідження:

1. Аналіз наукових та технологічних принципів побудови ТКС, тенденції їхнього розвитку, а також управління мережними ресурсами в сучасних і перспективних ТКС із використанням кластерів та *Grid* - технології. Вибір показників ефективності їхнього функціонування.

2. Удосконалення заснованого на ідеї рангового підходу методу рішення задач лінійного булевого програмування (ЛБП) та використовуваних у ньому стратегій відсікання неперспективних варіантів у просторі рішень для підвищення оперативності розподілу завдань в кластерах ТКС.

3. Розробка методу планування розподілу завдань у кластерах ТКС із використанням *Grid* - технології, а також створення на його основі процедур оперативного розподілу й закріплення ІРЗ для планувальника та супервізора системи пакетної обробки (СПО) кластера.

4. Розробка моделі функціонування кластера телекомунікаційної *Grid* системи з поділюваними ресурсами при наявності двох конкуруючих потоків ІРЗ при розподілі й обробці інформації в підсистемі управління цифровою мережею електров'язку.

5. Розробка методу рішення задачі про призначення (ЗП) на основі ідеї рангового підходу для симетричних графів, що дає можливість паралельної реалізації

створених на його основі процедур розподілу й закріплення IP3 у СПО кластерів ТКС на основі *Grid* - технології.

6. Оцінка ефективності та перевірка адекватності розробленого методу і математичних моделей шляхом проведення їх аналітичного й експериментального дослідження із застосуванням комп'ютерного імітаційного моделювання.

7. Розробка рекомендацій з інтеграції розробленого методу та моделей планування розподілу завдань у системи управління мережними ресурсами сучасних і перспективних ТКС.

Об'єкт дослідження: процес планування розподілу інформаційно-розрахункових завдань в обчислювальних кластерах вузлів і станцій ТКС та мереж на основі *Grid* - технології.

Предмет дослідження: моделі та методи планування розподілу завдань у кластерах ТКС на основі *Grid* - технології та способи їхньої реалізації.

Методи дослідження. При рішенні поставлених у роботі завдань використаний математичний апарат теорії графів та теорії дослідження операцій, методи цілочисельного лінійного програмування, а також методи теорії ймовірностей та математичної статистики, математичне й імітаційне комп'ютерне моделювання, програмні та алгоритмічні засоби математичного пакета *MATLAB*.

Наукова новизна одержаних результатів. Новизна отриманих наукових результатів полягає в тому, що:

- уперше розроблено метод оперативного планування розподілу завдань у кластері ТКС на основі *Grid* - технології, який на відміну від відомих дозволяє підвищити ймовірність своєчасної обробки комплексу IP3 за припустимий час обслуговування, що забезпечує живучість функціонування кластера з урахуванням динаміки взаємодії потоку завдань ТКС із потоком власних завдань кластера;

- уперше створена модель функціонування кластера телекомунікаційної *Grid* системи з поділеними ресурсами, яка враховує коефіцієнт використання ресурсів, функціональну потужність системи, коефіцієнт збереження ефективності й показник оперативності планування ресурсів, що дозволяє досліджувати ефективність використання розробленого методу в умовах наявності двох конкуруючих потоків завдань та відчуження обчислювальних ресурсів;

- уперше розроблений метод рішення ЗП заснований на ідеї рангового підходу та стратегії оптимізації пошуку рішень по напрямку з використанням графів симетричного виду, що на відміну від відомих методів дає можливість прискорити виконання процедур планування розподілу завдань шляхом їхньої паралельної реалізації;

- одержав подальший розвиток метод рішення задач ЛБП на основі ідеї рангового підходу, що полягає у розробці стратегій відсікання неперспективних варіантів у просторі рішень, представленому у вигляді симетричного графа з використанням оптимізації по напрямку. Це дозволило в порівнянні з існуючими методами дискретної оптимізації істотно знизити часову складність планування розподілу завдань у кластерах ТКС, забезпечуючи малу погрішність результатів рішення;

- удосконалені стратегії відсікання неперспективних варіантів рішення задач ЛБП на симетричному графі, які використовують при плануванні принцип оптимізації по напрямку й дозволяють відмовитися від системи калібрувальних векторів,

що застосовувалась раніше. Це дозволяє підвищити оперативність розподілу та обробки інформаційних завдань у кластерах ТКС на основі *Grid* - технології.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків підтверджується даними математичного моделювання та добрим збіганням теоретичних результатів із експериментальними дослідженнями, а також практичним впровадженням результатів роботи (Довідка №10/09 про участь у НДР (Держпрограма МОН України № ІТ/476-2007) по темі №64/2007-2008 « Розроблення інтелектуальної системи пошуку та оптимального розподілу ресурсів в *Grid*-мережах » (ДР №0107U007559), акти про використання результатів дисертаційної роботи в навчальному процесі УкрДАЗТ 2009 р. та в розробках математичного й програмного забезпечення на підприємстві ЗАТ «Інститут Харківський Промтранспроєкт» 2009 р.).

Наукове значення роботи полягає в удосконаленні та розробці нових методів та моделей, які дозволили ефективно розв'язати задачу оперативного планування розподілу інформаційних завдань в комп'ютерних кластерах ТКС на основі технології *Grid*.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані на основі розроблених у дисертації методів та моделей нові результати мають наступне практичне значення:

1. Створено програмний комплекс, на якому проведено моделювання роботи кластера з використанням розробленого методу оперативного планування розподілу завдань при наявності двох конкуруючих потоків завдань, що надходять через інтерфейс СПО та показано, що при усталеній роботі вузлів кластера розроблений метод, на відміну від методу *FCFS* (*First Come First Served*), дозволяє розв'язати задачу планування на 12,6%, а при відчуженні обчислювальних ресурсів на 21,4% ефективніше.

2. Розроблено модель оцінки ефективності процедур наближеного рішення задач планування розподілу завдань у кластерах ТКС методом рангового підходу на основі симетричних графів, на якій показано, що в порівнянні з відомими, розроблені наближені процедури оперативного розподілу завдань мають меншу часову та обчислювальну складність, а також малу й асимптотично зменшувану зі зростанням розмірності задачі погрішність рішення.

3. Побудовано модель рішення ЗП на основі методу рангового підходу для симетричного графа, на якій досліджені розроблені точна й наближені процедури планування розподілу ІРЗ у кластері та показано, що розроблені процедури мають внутрішній паралелізм, що дозволяє при використанні багатопроцесорної системи істотно підвищити оперативність розподілу завдань (підтверджено довідкою про участь у НДР, ДР №0107U007559).

4. Сформульовано практичні рекомендації з інтеграції й ефективного використання розробленого методу оперативного планування, а також створених на його основі процедур розподілу ІРЗ та програмного забезпечення в структуру СПО кластерів ТКС на основі *Grid* - технології, що дозволяє з високою оперативністю ($P(T) > 0,9$) адаптивно розподіляти конкуруючі потоки ІРЗ, враховуючи їхню важливість (вартість) та стан обчислювальних ресурсів кластера. При цьому, у порівнянні з відомими методами, задача планування може мати в 2,3 рази більшу розмірність, а

припустимий час рішення бути скорочений у 30 разів (підтверджено актом впровадження ЗАТ «Інститут Харківський Промтранспроект»).

5. Отримані в дисертації практичні результати використані при створенні моделі планувальника завдань СПО кластера ТКС на основі *Grid* – технології, а розроблені процедури паралельного розподілу інформаційних завдань використані в моделі супервізора комп'ютерного кластера для підсистеми управління цифрової мережі електрозв'язку (підтверджено довідкою про участь у НДР, ДР №0107U007559).

6. Результати дисертаційної роботи використані в навчальному процесі УкрДАЗТ при виконанні курсового та дипломного проектування (підтверджено актом впровадження УкрДАЗТ).

Особистий внесок здобувача. Усі викладені в дисертаційній роботі результати отримані автором самостійно. В статтях, що виконані у співавторстві здобувачу належить: у роботі [1] метод оперативного розподілу завдань у кластерах ТКС на основі *Grid* – технології із застосуванням рангового підходу для симетричних графів; на основі цього методу здобувачем побудована модель, на якій досліджено ефективність створених процедур наближеного рішення задачі дискретного планування у кластері ТКС; у роботі [2] здобувачем розроблено модель оперативного розподілу завдань у кластері телекомунікаційної *Grid* системи, що забезпечує живучість функціонування кластеру ТКС в умовах роздільного використання обчислювальних ресурсів та при їхній відмові; у роботі [5] в результаті проведеного здобувачем аналізу напрямків удосконалення ТКС показано необхідність використання технології *Grid* та комп'ютерних кластерів, а також обґрунтовано застосування критеріїв функціонування комп'ютерного кластера телекомунікаційної *Grid* системи.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень були висвітлені та одержали схвалення на п'яти науково-практичних конференціях: 20-й Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективные системы контроля и управления на железнодорожном транспорте» (м. Алушта, Крим, жовтень 2007 р.) [6]; Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (м. Дніпропетровськ, травень 2008 р.); 2-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (м. Гомель, Білорусь, жовтень 2008) [7]; 21-й Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» (м. Алушта, Крим, вересень 2008 р.) [8]; 22-й Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» (м. Алушта, Крим, вересень 2009 р.) [9].

Публікації. Основні положення та результати дисертаційної роботи викладено у 9 наукових працях, які опубліковані у спеціалізованих наукових виданнях, що включені до переліку ВАК України, серед них: 5 статей у журналах та збірниках наукових праць, 4 матеріали доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Структура дисертації. Загальний обсяг дисертації становить 149 сторінок. Робота складається із вступу, 4 розділів основної частини, загальних висновків міс-

тять 33 рисунки та 9 таблиць. Список використаних джерел містить 96 найменувань, є 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами. Сформульовано мету та задачі дослідження. Викладено основні результати, що характеризують наукову новизну та практичне значення роботи. Наведено відомості про публікації, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації та її структуру.

У *першому розділі* проведено аналіз напрямків удосконалювання ТКС та виконана постановка завдань дослідження. Установлено, що еволюція сучасних телекомунікаційних технологій спрямована на глобалізацію та персоналізацію зв'язку, а також на збільшення швидкості передачі інформації, інтелектуалізацію мереж та забезпечення мобільності користувачів. Розширення функціональних можливостей ТКС можливо шляхом вбудовування в їхню структуру комп'ютерних кластерів, що дозволяють значно ефективніше здійснювати управління телекомунікаційними мережами, підвищити живучість їхнього функціонування, а використання технології *Grid* істотно збільшує спектр, надаваних телекомунікаційною системою послуг, розширює коло користувачів та розмаїтість розв'язуваних завдань. Для підвищення ефективності роботи структури управління телекомунікаційною мережею (*Telecommunication Management Network – TMN*), доцільним є використання комп'ютерного кластера на третьому її рівні разом з підсистемою управління мережею (*Net Manager System – NMS*).

Особливістю функціонування кластерів ТКС є наявність двох інформаційних потоків, що надходять через інтерфейс СПО кластера - черг локальних завдань кластера та завдань телекомунікаційної *Grid* - інфраструктури. При об'єднанні черг у загальний потік IPЗ виникає їхнє конкурування за пріоритет володіння обчислювальними ресурсами кластера. У результаті цього відбувається поділ обчислювальних ресурсів кластера з телекомунікаційною системою *Grid*, а також може виникати їхня відмова через внутрішні причини або через перевантаження - в обох випадках стабільна робота кластера порушується. Це вимагає оперативного, у режимі реального масштабу часу, оптимального перерозподілу завдань черги СПО по працездатних модулях кластера ТКС таким чином, щоб домогтися максимального відновлення його функціональної потужності.

У якості основних критеріїв функціонування комп'ютерного кластера телекомунікаційної *Grid* системи в роботі обґрунтовано застосування:

- коефіцієнта збереження ефективності, що характеризує вплив на роботу кластера ТКС відчуження та функціональної відмови його обчислювальних ресурсів

$$K_{ie} = \frac{E_e(\mathcal{D})}{E_0}; \quad E_e(\mathcal{D}) = |E_v^*(\mathcal{D}) - E_v|, \quad (1)$$

де $E_e(\mathcal{D})$ - корисний ефект операції перерозподілу завдань; $E_v^*(\mathcal{D})$ - значення перед проведенням операції перерозподілу; E_v - значення після проведення операції перерозподілу; E_0 - номінальне значення функціональної потужності кластера ТКС;

- коефіцієнта використання обчислювальних ресурсів кластера ТКС при вибірці завдань із черги СПО кластера ТКС;

$$K_{BP} = \frac{\sum_{p=1}^N \beta_p x_p}{\sum_{i=1}^M Y_i}, \quad (2)$$

де N - кількість завдань у черзі; β_p - пріоритет завдання; x_p - булева змінна (рівна 1, якщо завдання обране та 0, якщо ні); M - кількість обчислювальних ресурсів кластера ТКС; Y_i - пріоритет завдання, що звертається до i -го процесорного модуля кластера;

- показника оперативності динамічного управління кластером ТКС, що кількісно оцінюється ймовірністю $P(T)$ своєчасної обробки черги запитів та розподілу комплексу ІРЗ

$$P(T) = 1 - e^{-\frac{T_d}{T}}, \quad (3)$$

де T_d - допустимий час обробки комплексу ІРЗ; T - реальний час обробки комплексу ІРЗ планувальником СПО кластера.

У результаті дослідження тенденцій розвитку телекомунікаційної інфраструктури, а також аналізу проблем створення перспективних ТКС обґрунтована необхідність використання в системах управління цифровими мережами зв'язку комп'ютерних кластерів та *Grid* - технології. При цьому необхідно, на основі обраних показників ефективності функціонування, забезпечити оптимальний розподіл інформаційних завдань у кластерах телекомунікаційних *Grid* систем, що потребує розробки відповідних моделей та методів. Таким чином, метою дисертації є підвищення оперативності планування розподілу інформаційно-розрахункових завдань у комп'ютерних кластерах ТКС на основі *Grid* - технологій та забезпечення живучості функціонування кластера при поділі використання його обчислювальних ресурсів в умовах наявності двох конкуруючих потоків даних.

Другий розділ присвячений розробці методу оперативного планування в кластері ТКС на основі технології *Grid*. Планування в кластері є циклічним процесом, при якому дискретно здійснюється групова вибірка фіксованої множини завдань із черги та їхній розподіл по відповідних обчислювальних ресурсах. Наявність двох потоків ІРЗ призводить до необхідності динамічного поділу обчислювальних ресурсів, що ускладнює задачу планування.

Для дослідження ефективності планування розроблена модель функціонування кластера ТКС із поділованими ресурсами на основі рішення задачі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінним. Модель кластера має вигляд системи, що складається з M типів обчислювальних ресурсів R_i ($i = \overline{1, M}$), до яких мають доступ N клієнтів O_j ($j = \overline{1, N}$) із ІРЗ. Кожне завдання Z_k має пріоритет C_k , що залежить від рівня привілей клієнта O_j . Завдання може бути виконано на будь-якому ресурсі відповідного типу. Нехай $\{\bar{X}\}$ - множина всіх варіантів вибору завдань з черги. $\bar{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_p\}$ - один із варіантів вибору завдань, де $k = \overline{1, p}$ (p - кіль-

кість завдань в черзі), x_k – булева змінна, яка дорівнює 1, коли завдання Z_k обрано та 0, якщо ні. C_k – пріоритет завдання Z_k . Сума пріоритетів вибраних завдань характеризується функціоналом

$$F = \sum_{k=1}^p C_k x_k \rightarrow \max. \quad (4)$$

Нехай A_{kg} – булева змінна, що дорівнює 1 якщо Z_k використовує ресурс R_g та 0, якщо ні. B_g – кількість ресурсів R_g даного типу. Тоді при умові, що в будь-який момент часу кожний ресурс може бути задіяний для виконання завдання, отримуємо M обмежень

$$\sum_{k=1}^p A_{kg} x_k \leq B_g, g = \overline{1, M}. \quad (5)$$

Із множини $\{\vec{X}\}$, шукається вибірка, \vec{X} при якій виконуються всі обмеження, а функціонал має найбільше значення. Розв'язання черги запитів відбувається поетапно. Кожен етап складається з знаходження оптимальної вибірки \vec{X} , її обслуговування й відповідно до виниклих після цього в черзі завдань змін коректування виразів функціонала та обмежень.

Після кожного етапу обрана множина завдань закріплюється за вільними ресурсами кластера. Математичною моделлю даного процесу служить задача про призначення. Її розгляд та розробка паралельної процедури рішення виконані у розділі 3.

Черги даних, що надходять через інтерфейс СПО утворюють дві підмножини завдань $\{Z_i^G\}$ і $\{Z_i^B\}$ із сумарним коефіцієнтом їхньої важливості відповідно E_v^G та E_v^B . Якщо $E_v^G \approx E_v^B$, то доцільно використовувати однопотокową модель обслуговування завдань. Коли ж $E_v^G \gg E_v^B$ ресурсовитрати виконання завдань Z_i^G будуть більше чим для Z_i^B , а при $E_v^G \ll E_v^B$ менше. Тому планування завдань, що надходять на виконання, повинне бути адаптивним до зміни сумарних коефіцієнтів важливості, а модель цього процесу – двохпотоковою. Нехай $E_v^G \gg E_v^B$, тоді виділяється підмножина задач $\{Z_i^G\}'$, що утворюють $\Delta E = E_v^G - E_v^B$, визначаються не зайняті завданнями телекомунікаційної *Grid* системи ресурси кластера на яких вони можуть бути виконані. Ці ресурси вивільнюються від завдань $\{Z_i^B\}' \in \{Z_i^G\}$, після чого одночасно виконується розподіл завдань $\{Z_i^G\}'$ та $\{Z_i^B\}'$ на основі однопотокowych моделей. Через відчуження частини ресурсів від завдань $\{Z_i^B\}'$ показник E^B деградує на величину ΔE^B , а за рахунок перерозподілу завдань на підмножині доступних ресурсів відновлюється на величину ΔE . По мірі звільнення ресурсів, що обслуговували завдання $\{Z_i^G\}'$, система вертається на вихідне значення показника E^B (рис. 1). При $E_v^G \ll E_v^B$ модель працює аналогічним чином але відчужуються ресурси для завдань $\{Z_i^G\}$. Після вирівнювання E_v^G та E_v^B виконується повернення від двохпотокової

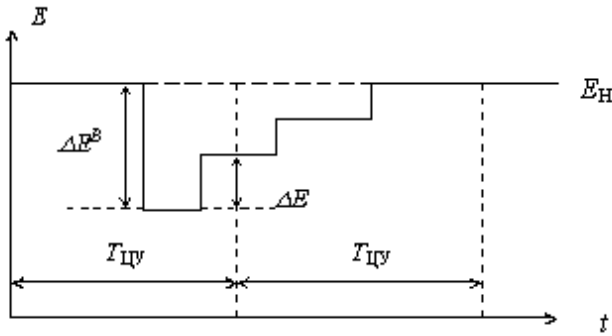


Рис. 1. Діаграма функціонування кластера ТКС

ності функціонування кластера ТКС при двохпотоковій моделі є коефіцієнт збереження ефективності (1) та оперативність планування (3), а при однопотоковій моделі коефіцієнт використання ресурсів (2) та $P(T)$. Визначення $E_v^G \approx E_v^B$ здійснюється на

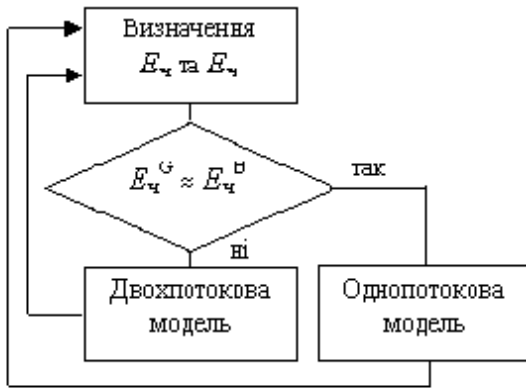


Рис. 2. Цикл роботи моделей СПО кластера ТКС

основі економічних політик власників сертифікаційних центрів *Grid* та кластерів ТКС. При цьому встановлюється значення номінального показника E_H та його девіація δ .

В основу розробленого методу оперативного розподілу завдань у кластерах ТКС покладена ідея рангового підходу до рішення задач ЛБП (4), (5) з поданням простору станів у вигляді симетричного графа D_n (дерева всіх шляхів рішення), що містить $(n-1)$ ярус та $(n-1)$ ранг (рис. 3). Геометрично вершина k графа D_n рангу r – це множина векторів $(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n)$, в яких $x_k = 1$, а на позиціях від 1 до k знаходиться r одиниць. Ребру, що входить до вер-

шини k графа D_n , є відповідним одиничний вектор $(0, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)$ із одиницею у k -й позиції. Згідно рис. 3 шляху μ_{si}^r рангу r відповідає вектор \vec{x} , що дорівнює сумі одиничних векторів ребер, по яких з вершини S досягається вершина i рангу r , а множину всіх шляхів можна представити у вигляді

$$m_i(i) = m_{si}^{r=1} \cup m_{si}^{r=2} \cup \dots \cup m_{si}^{r=n-1}; i = \overline{1, n-1}, \quad (6)$$

де m_{si}^r – підмножина шляхів у графі D_n від вершини S до вершини i , де ранг шляху $\mu_{si}^r \in m_{si}^r$ та визначається числом ребер, які утворюють цей шлях.

У симетричному графі D_n (рис. 3) простору рішень кожному ребру шляху відповідає $m+1$ характеристика, одна по вагам функціонала та m по вагам обмежень. На основі графа D_n можливе створення однопрохідних та n -прохідних процедур рішення задачі (4), (5). Для процедур n -кратного проходу дерево шляхів D_n будується від конкретної вершини i графа, при цьому $i = S$, а ярус, що її містить виключається із D_n .

Для оптимального розподілу завдань у кластері ТКС потрібно в графі D_{\square} від вершин $1, 2, \dots, n$ до всіх інших його вершин побудувати шлях максимальної довжини по вагам функціонала та не перевищуючої b_j ($j = \overline{1, m}$) по вагам обмежень. Щоб скоротити кількість шляхів вводиться процедура A , що дозволяє відсікати неперспективні варіанти. В процедурі A при формуванні шляху до довільної вершини p рангу m_{sp}^{r+1} на основі шляхів попереднього рангу m_{si}^r запропоновано використовувати принцип оптимізації за напрямком, який для задачі, що розглядається, визначається рекурентним співвідношенням

$$\mu_{sp}^{r+1} = \max \{ \{ \mu_{si}^r \} \cup (i, p) \}; \quad i = \overline{1, n}; \quad p = \overline{1, n}; \quad i \neq p, \quad (7)$$

де (i, p) – ребро, що з'єднує вершини i та p графа D_{\square} ; n – число всіх вершин графа D_{\square} .

На основі рангової моделі рішення задачі ЛБП та використання принципу оптимізації за напрямком (7) для відсікання неперспективних варіантів у просторі ста-

нів, що має вид симетричного графа D_{\square} розроблені n -прохідна A_1 та однопрохідна A_2 наближені процедури оперативного розподілу РЗ у кластерах ТКС. При цьому в процедурах A_1 та A_2 для формування шляхів μ_{si}^r здійснюється виділення локальних екстремумів у всіх підмножинах m_{si}^r на ярусі. Для зниження часової складності, розроблені аналогічні їм рангові процедури A' та A'' , в яких формування шляхів, що задовольняють обмеженням задачі, відбувається на основі глобального екстремуму ярусу.

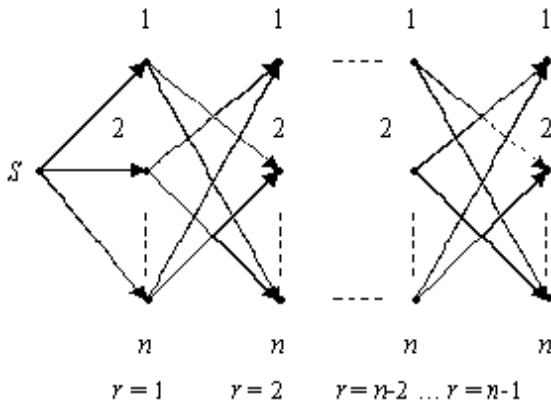


Рис. 3. Граф D_{\square}

У розділі проведено експериментальне дослідження розроблених наближених процедур на основі методу рангового підходу (МРП) та їхній порівняльний аналіз із кращими відомими процедурами на основі методу гілок та меж (МГМ). При цьому відбиралися тестові задачі з такими коефіцієнтами, щоб ранг рішення належав другій області $r = [n/3 \div 2n/3]$, у якій найбільш повно проявляється експонентна складність процедур.

Достоїнством розроблених процедур МРП є швидкодія та мала похибка рішення. Зі збільшенням розмірності задачі їхня часова складність у середньому не перевищує $O(n^3 m)$ у той час, як при досягненні числа обмежень кількох сотень практичне використання процедур МГМ стає неможливим (рис. 4). Показано, що розроблені наближені процедури мають властивість збіжності до точного рішення зі збільшенням розмірності розв'язуваної задачі (рис. 5).

Аналогічна тенденція спостерігається й у випадку збільшення кількості змінних n задачі при фіксованому числі ($m = 60$) обмежень. Також проведена експериментальна оцінка обчислювальної складності розроблених процедур та впливу розмірності (n та m) розв'язуваної задачі на кількість точних рішень. При побудові графіків проведена оцінка дисперсії та середнього квадратичного відхилення результатів до-

слідження, для цього на кожну точку графіка виконано розв'язання 60 тестових задач, що дало можливість одержати дані з довірчою ймовірністю 0,95.

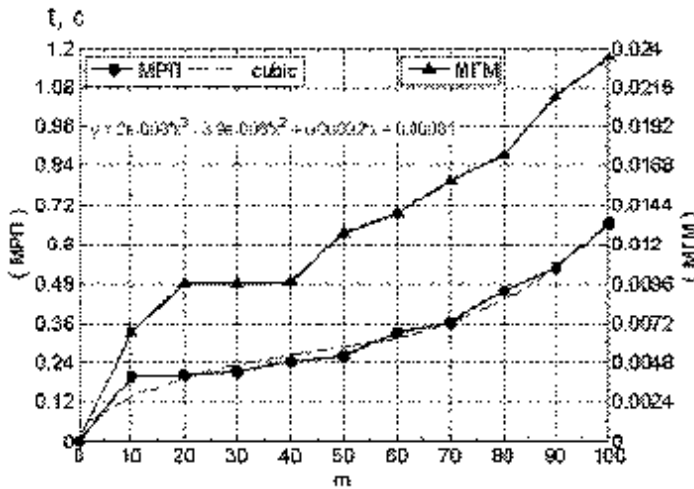


Рис. 4. Часова складність процедури при $n = 36$

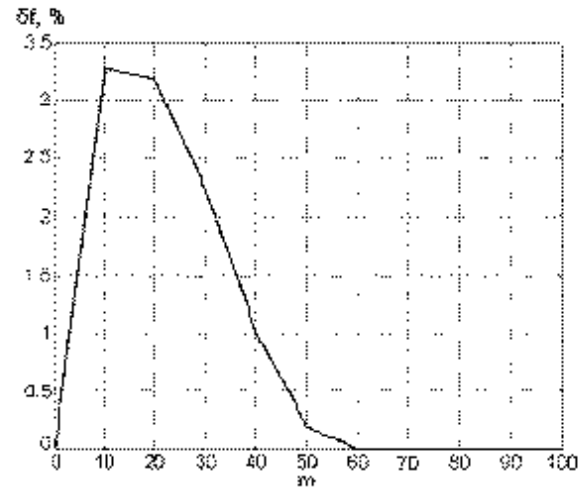


Рис. 5. Відносна похибка процедури при $n = 36$

У третьому розділі розроблено паралельні процедури рішення задач дискретної оптимізації для оперативного розподілу завдань у кластерах ТКС на основі *Grid*-технологій. Попередня обробка черг запитів здійснюється Планувальником завдань СПО кластера, робота якого базується на ідеї стійкого до відмов планування та розглянутої в розділі 2 моделі функціонування кластера ТКС із поділеними ресурсами. Потім розподіл IPЗ по обчислювальних вузлах кластера здійснюється Супервізором, моделлю якого запропоновано використати задачу про призначення.

Вихідні дані ЗП мають вигляд квадратної матриці (n завдань на m ресурсів), кожен елемент якої C_{ij} відповідає вартості призначення виконання завдання Z_j на ресурс R_i . Математична модель задачі визначається цільовою функцією

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} C_{ij} \rightarrow \min, \quad (8)$$

при обмеженнях

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1;$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1.$$

Супервізор СПО кластера працює в масштабі реального часу, що вимагає високої оперативності рішення даної задачі. Для цього розроблені паралельні рангові процедури, основані на поданні простору рішень у вигляді симетричного графа D_{\square} (рис. 3) та стратегії відсікання в ньому неперспективних варіантів шляху, яка визначається рекурентним співвідношенням (7).

Оцінка ефективності розроблених процедур розподілу завдань у кластері ТКС на основі моделі рішення ЗП проводилася за критеріями часової (рис. 6) та обчис-

лювальної складності, кількості неточних рішень і їхньої відносної похибки (для наближених процедур Π_1 , Π_2), а також показником оперативності $P(T)$ (рис. 7).

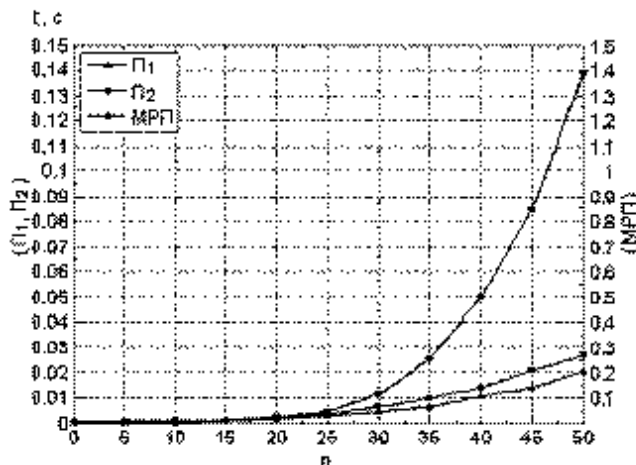


Рис. 6. Часова складність процедур рішення ЗП

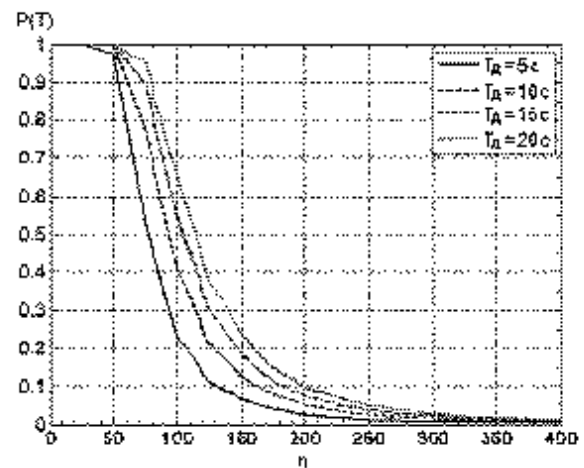


Рис. 7. Оперативність процедури точного рішення ЗП

Оцінка результатів дослідження розроблених точної та наближених рангових процедур показала перспективність їхнього використання в Супервізорі кластера телекомунікаційної *Grid* системи. У порівнянні з відомими послідовними алгоритмами, що мають часову складність вищу аніж $O(n^3)$, прискорення одержуване за рахунок використання розроблених паралельних процедур буде пропорційно n^2 , а наявність їхньої варіативності, дозволяє адекватніше виконувати налаштування Супервізора, домагаючись або високої оперативності, або максимальної точності рішення задачі призначення ІЗР. При цьому більш ефективно здійснюється робота кластера ТКС та повніше використовуються його обчислювальні ресурси, а значить, поліпшується обслуговування власних завдань та клієнтських замовлень по обробці даних й обчислювальним роботам.

Четвертий розділ присвячений розробці й дослідженню програмної моделі функціонування кластера телекомунікаційної *Grid* системи, а також оцінці можливості інтеграції розробленого методу та програмного забезпечення планування розподілу завдань у СПО кластерів.

Програмна модель реалізована у вигляді комп'ютерного додатка з використанням інтерактивної системи для виконання інженерних та наукових розрахунків *MATLAB* (*matrix laboratory*). Процес моделювання роботи кластера ТКС із поділюваними ресурсами представлений у вигляді блок-схеми на рис. 8. Після уведення вихідних даних (блок 1) вибирається один із двох режимів моделювання (блок 2). По гілці "Так" досліджується програмна модель для одного варіанта зайнятості ресурсів кластера, а по гілці "Ні" для всіх станів у яких вони можуть перебувати. У першому випадку спочатку черга завдань розподіляється в кластері без видалення його обчислювальних ресурсів (блок 3), а потім при видаленні (блок 5), характер якого задається окремо (блок 4).

Результат рішення задач оптимізації аналізується, розраховуються показники ефективності. Після цього всі дані, отримані в ході модельного експерименту, у вигляді таблиць поетапного перерозподілу завдань у кластері (блок 7), значення кое-

фіцієнта збереження ефективності (блок 13), а також діаграми функціонування клас-тера (рис. 9) та графіка зміни коефіцієнта використання його обчислювальних ре-сурсів (рис. 10) відображаються в головному вікні програми (блок 8).

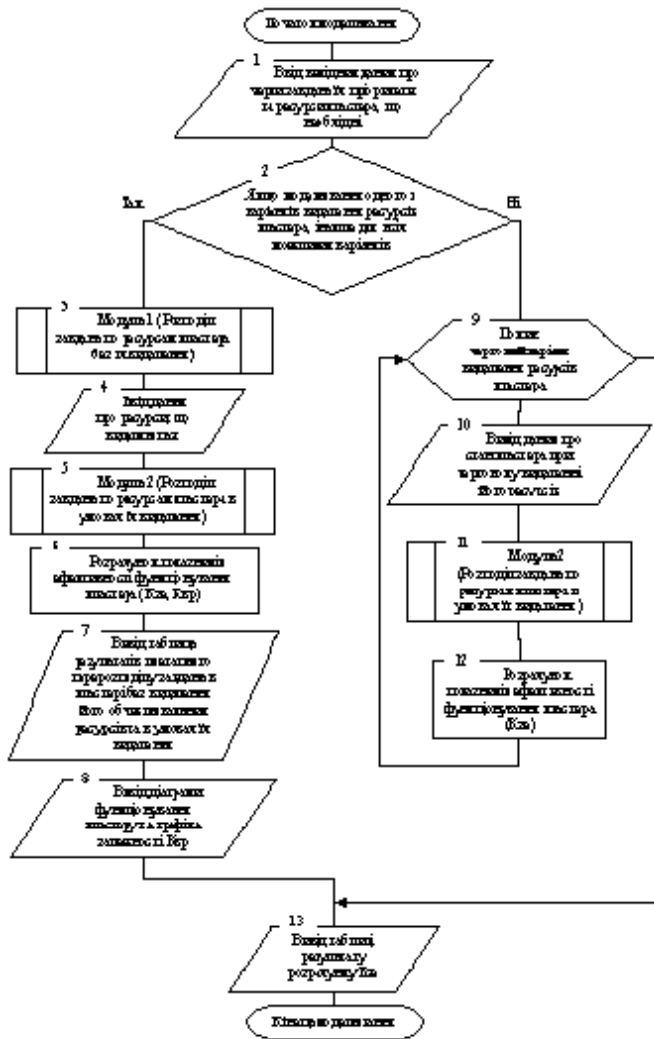


Рис. 8. Узагальнена блок-схема програмної моделі

потужності кластера. Відчуження обчислювальних ресурсів кластера призводить до зниження його функціональної потужності на величину ΔE^B , відновлення якої надалі здійснюється шляхом оперативного перерозподілу завдань. Коефіцієнт використання обчислювальних ресурсів $K_{вр}$ характеризує ефективність роботи планувальника і показує (рис. 10), яка частина із загального числа ресурсів, до котрих звертаються завдання, що стоять в черзі, буде використана. Нижній границі графіків (рис. 10) відповідає той мінімальний рівень $K_{вр}$, коли після відчуження обчислювальних ресурсів РЗ уже не можуть бути перерозподілені планувальником по вузлах кластера, що заміщаються і наступає деградація системи.

Оперативність розроблених процедур визначається ймовірністю $P(T)$ (3) своєчасного одержання результатів моделювання, у ході якого виконувалася обробка комплексу з 400 РЗ за допустимий час планування що дорівнює 5, 10, 15 та 20 с (рис. 11). Оцінка результатів показала, що в порівнянні з відомими, розроблений ме-

У другому випадку моделювання відбувається в режимі циклу (блок 9). На кожному його кроці автоматично генерується черговий варіант видалення обчислювальних ресурсів кластера (блок 10). Відповідно до нього виконується розподіл черги завдань (блок 11) та розраховується коефіцієнт збереження ефективності роботи кластера для поточного стану його обчислювальних ресурсів (блок 12). Після вичерпання всіх варіантів видалення ресурсів цикл моделювання завершується і у робоче поле основного вікна програми виводиться таблиця з результатами моделювання (блок 13).

Для оцінки ефективності запропонованої стратегії групової вибірки завдань проведено її порівняння із широко відомою та часто застосовуваною в обчислювальній техніці стратегією *FIFO* (*First In First Out*) за такими показниками, як функціональна потужність E (рис. 9) кластера й коефіцієнт використання $K_{вр}$ його обчислювальних ресурсів (рис. 10), графіки яких для зручності порівняння та об'єктивності аналізу приведені до нормованого вигляду. При цьому на діаграмі (рис. 9) одиничному значенню відповідає номінальний E_H рівень функціональної

год оперативного розподілу завдань у кластерах ТКС, дозволяє вирішити задачу планування в 2,3 рази більшої розмірності, а допустимий час розв'язання може бути скорочено в 30 разів.

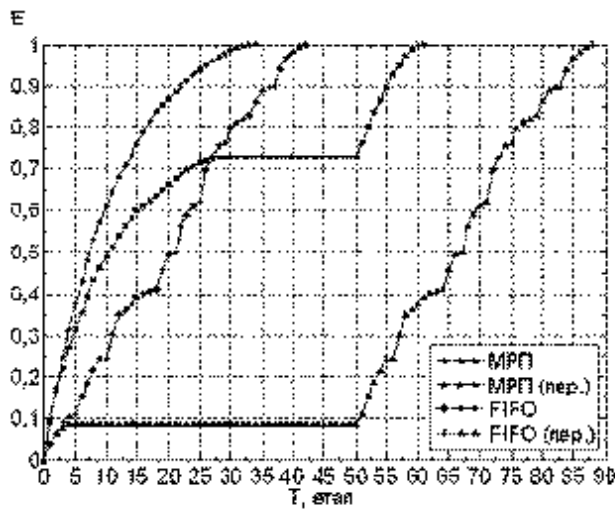


Рис. 9. Діаграма функціонування кластера

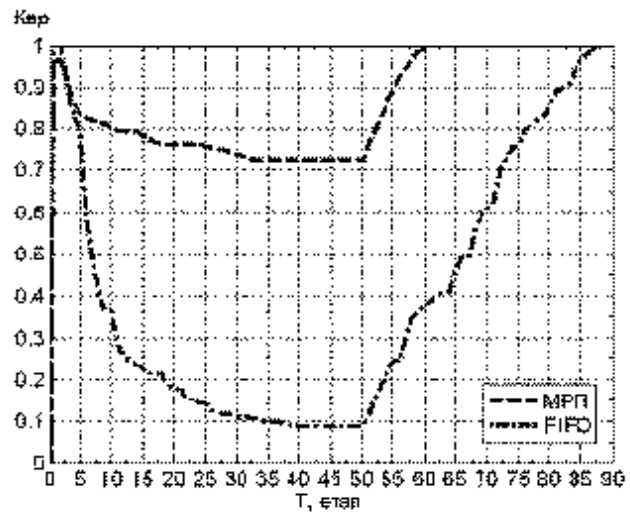


Рис. 10. Коефіцієнт використання обчислювальних ресурсів

Показано, що розроблену програмну модель можна використовувати для аналізу та збору статистики про ефективність роботи кластера ТКС. При цьому аналізована інформація подається у вигляді графіків функціональної потужності кластера,

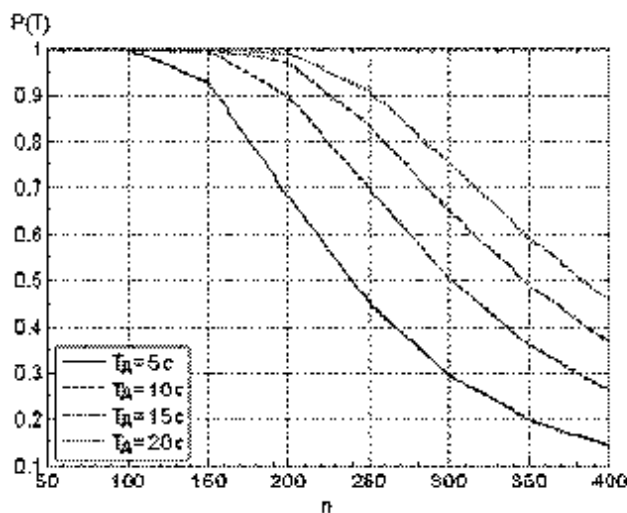


Рис. 11. Оперативність процедури групової вибірки

коефіцієнта використання обчислювальних ресурсів, оперативності планування, а також таблиці показників ефективності для всіх варіантів станів обчислювальних вузлів кластера.

Таким чином, у результаті моделювання показана висока ефективність розробленого методу оперативного розподілу завдань в кластері ТКС на основі *Grid* - технології. При цьому слід зазначити універсальність створених на його основі процедур, яка дозволяє врахувати у вигляді обмежень задачі ЛБП вимоги до характеристик розв'язуваного кластером завдання в умовах роздільного використання його обчислювальних ресурсів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання вирішене науково-прикладне завдання підвищення оперативності розподілу IP3 у комп'ютерних кластерах ТКС на основі *Grid* - технології, для двох по-

токів даних, що конкурують за використання поділених обчислювальних ресурсів кластера. За підсумками вирішення поставленого завдання зроблені наступні висновки:

1. На основі проведеного аналізу сучасних підходів до управління ТКС установлено, що для підвищення ефективності управління цифровими мережами зв'язку необхідне введення в структуру таких систем комп'ютерних кластерів та використання мережної технології *Grid*. Це дозволяє підвищити якість управління інформаційними, каналними й буферними ресурсами мереж зв'язку та забезпечить ріст продуктивності ТКС у цілому.

2. Розроблено новий метод розподілу завдань у комп'ютерному кластері ТКС на основі *Grid* - технології, який на відміну від відомих дозволяє підвищити оперативність обробки комплексу ІРЗ за допустимий час обслуговування та забезпечує планування з урахуванням динаміки взаємодії потоку завдань ТКС із потоком власних завдань кластера.

3. Створено модель функціонування кластера телекомунікаційної *Grid* системи з поділеними ресурсами, яка дозволяє враховувати коефіцієнт використання ресурсів, функціональну потужність системи, коефіцієнт збереження ефективності та показник оперативності планування ресурсів, що дає можливість дослідити ефективність використання розробленого методу в умовах наявності двох конкуруючих потоків завдань та відчуження обчислювальних ресурсів.

4. Розроблено метод рішення ЗП, оснований на ідеї рангового підходу й оптимізації пошуку оптимальних рішень по напрямку з використанням графів симетричного виду, який на відміну від відомих методів дає можливість прискорити виконання процедур планування розподілу завдань шляхом їхньої паралельної реалізації.

5. Одержав подальший розвиток метод розв'язання задач ЛВП на основі ідеї рангового підходу та удосконаленої стратегії відсікання неперспективних варіантів у просторі рішень, представленому у вигляді симетричного графа. Це дозволило в порівнянні з існуючими методами дискретної оптимізації знизити часову складність задачі планування та підвищити оперативність розподілу інформаційних завдань в кластерах ТКС на основі *Grid* - технології, забезпечуючи малу погрішність результатів рішення.

6. Проведено комп'ютерне моделювання роботи кластера з використанням розробленого методу оперативного розподілу завдань при наявності двох конкуруючих потоків завдань, які надходять через інтерфейс СПО, показано, що розроблений метод дозволяє:

- зберегти в середньому до 62,93% функціональної ефективності кластера у випадку видалення частини його обчислювальних ресурсів;

- при усталеній роботі вузлів кластера вирішувати завдання планування на 12,6%, а при відчуженні обчислювальних ресурсів на 21,4% ефективніше методу *FCFS*;

- в умовах видалення частини ресурсів зберігати коефіцієнт використання їхньої частини, що залишилася у середньому на рівні 61,7%, у той час як стратегія *FCFS* лише на 4,9%;

- шляхом оперативного перерозподілу завдань, при відмові або відчуженні деяких обчислювальних вузлів зберегти загальний рівень використання обчислюваль-

ного ресурсу кластера на 56,8% вище, аніж метод *FCFS*, забезпечуючи живучість його функціонування.

7. На моделі, розробленій для оцінки ефективності процедур наближеного рішення задач планування завдань у кластерах ТКС, показано, що створені на основі методу рангового підходу для симетричних графів процедури оперативного розподілу завдань:

- не перевищують по показниках часової складності 0,015 с та обчислювальної складності $1,46 \times 10^3$ елементарних операцій (при $n=36$, $m=100$);
- мають малу (до 2 % при $m \geq 50$) та асимптотично зменшувану із зростанням n та m погрішність рішення;
- дають більше 95% точних рішень задачі при досягненні $m \geq 60$;
- перевершують по продуктивності процедури на основі методів: вектора спаду в 85 разів, Балаша в 210 разів, рангового підходу для трикутного графа з калібрувальними векторами в 15 разів, гілок та меж в 50 разів.

8. Використання ідеї рангового підходу для симетричного графа в розробці точної та наближених процедур планування паралельного розподілу ІРЗ при дослідженні роботи створеної на основі вирішення ЗП моделі супервізора СПО кластера ТКС показало, що:

- часова складність не перевищує, для процедури точного рішення $O(m \cdot n^3)$, наближених процедур $O(m \cdot n^2)$, що при $n=50$ становить 1,39 с, 0,21 с та 0,27 с при цьому виконується відповідно $1,48 \times 10^4$, $2,21 \times 10^2$ та $2,93 \times 10^2$ елементарних операцій додавання й порівняння;

- розроблені процедури мають внутрішній паралелізм, що дозволяє при використанні n - процесорної системи зменшити їхню часову складність відповідно до $O(m \cdot n^2)$ та $O(m \cdot n)$;

- для наближених процедур зі збільшенням розмірності кластера від $n=5$ до $n=50$ відбувається істотне зниження з 18% до 5% (процедура 1) та з 7% до 4% (процедура 2) відносної похибки, а також уповільнення зростання й подальша стабілізація на 50% (процедура 1) та 85% (процедура 2) кількості неточних рішень задачі призначення.

9. Розроблено метод оперативного розподілу завдань, що дозволяє з високою оперативністю ($P(T) > 0,9$) адаптивно розподіляти конкуруючі потоки ІРЗ, враховуючи їхню важливість (вартість) та стан обчислювальних ресурсів кластера. При цьому, розроблені на його основі процедури, дають можливість вчасно (з показником оперативності $P(T) > 0,9$):

- забезпечити вибірку залежно від використовуваної планувальником СПО наближеної процедури, від 160 ($n < 160$ при $T_d = 5$ с) до 260 ($n < 260$ при $T_d = 20$ с) або від 215 (для $T_d = 5$ с) до 355 (для $T_d = 20$ с) ІРЗ;

- розв'язати задачу призначення ІРЗ розмірністю $n < 80$, $m < 80$ (при використанні супервізором СПО точної процедури) або застосувавши наближені процедури розв'язати ЗП із $n < 400$, обробивши при цьому в 4...5 разів більшу кількість ІРЗ.

10. Інтеграція розробленого методу оперативного планування, а також створених на його основі процедур розподілу ІРЗ та програмного забезпечення в структуру СПО кластерів ТКС на основі *Grid* - технології дозволяє підвищити ефективність управління цифровими мережами зв'язку, що підтверджено актами впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Тимошенко Е.В. Создание основанной на идее рангового подхода процедуры оптимального распределения заданий в GRID – системе и исследование эффективности её алгоритма / С.В. Листровой, Е.В. Тимошенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2007. - № 5, 6. – С. 44 – 51.
2. Тимошенко Е.В. Оптимизация распределения заданий в GRID – системе / С.В. Листровой, Е.В. Тимошенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – Вип. № 12. – С. 71 – 80.
3. Тимошенко Є.В. Організація паралельних обчислень у кластері Grid системи на основі подання простору рішень у вигляді симетричного графу / Є.В. Тимошенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2008. - № 5, 6. – С. 15 – 20.
4. Тимошенко Є.В. Дослідження моделі розподілу інформаційно-розрахункових завдань в кластері Grid системи на основі рішення задачі про призначення / Є.В. Тимошенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. № 16. – С. 63 – 71.
5. Тимошенко Е.В. Совершенствование системы управления телекоммуникационными сетями на основе Grid - технологии и компьютерных кластеров / С.В. Панченко, Е.В. Тимошенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2009. - № 4. - С. 138 – 141.
6. Тимошенко Е.В. Применение программы Quantum для исследования алгоритмов решения задач дискретной оптимизации / Е.В. Тимошенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (додаток). Матеріали доповідей 20-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективны́е системы контроля и управления на железнодорожном транспорте» (м. Алушта, Крим, жовтень 2007 р.). - 2007. № 4. - С. 44.
7. Тимошенко Е.В. Моделирование работы кластера Grid системы с отчуждаемыми ресурсами / Г.И. Загарий, С.В. Листровой, Е.В. Тимошенко // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Гомель, 30-31 окт. 2008 г.). – Гомель: БелГУТ, 2008. - С. 199.
8. Тимошенко Є.В. Організація адаптивного відмовостійкого функціонування кластера в Grid / Є.В. Тимошенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (додаток). Матеріали доповідей 21-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективны́е компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» (м. Алушта, Крим, вересень 2008 р.). - 2008. - № 4. С. 21.
9. Тимошенко Є.В. Метод оперативного планування розподілу завдань у комп'ютерних кластерах телекомунікаційної системи на основі Grid – технології / Є.В. Тимошенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (додаток). Матеріали доповідей 22-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективны́е компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» (м. Алушта, Крим, вересень 2008 р.). - 2009. - № 4. - С. 47.

АНОТАЦІЯ

Тимошенко Є.В. Оперативний розподіл завдань в кластерах телекомунікаційних систем на основі Grid – технологій. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2009.

В дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-прикладне завдання, що полягає в розробці методу підвищення оперативності розподілу інформаційно-розрахункових завдань у комп'ютерних кластерах телекомунікаційних систем (ТКС) на основі технології *Grid*.

Проведено аналіз напрямків розвитку сучасних та побудови перспективних ТКС. Показано необхідність використання в ТКС технологій *Grid* та комп'ютерних кластерів. Обґрунтовано критерії їхнього функціонування. Сформульовано наукове завдання дисертації, що пов'язане з розробкою методу підвищення оперативності розподілу завдань у кластерах ТКС на основі *Grid* технології. Розроблено метод підвищення оперативності розподілу інформаційних завдань у кластерах ТКС на основі *Grid* - технології. Побудована модель функціонування кластера ТКС із поділованими ресурсами, у результаті дослідження якої показана висока ефективність розробленого методу планування й створених на його основі процедур оперативного розподілу завдань. Показано, що застосування розроблених методу й програмного забезпечення в кластерах ТКС на основі *Grid* - технології підвищує ефективність управління мережами зв'язку, розподілу інформації, цифрової обробки й перетворення сигналів.

Ключові слова: дискретна оптимізація, теорія графів, кластер телекомунікаційної системи, *Grid* - технологія, розподіл інформації, управління мережами зв'язку, цифрова обробка та перетворення сигналів.

АННОТАЦІЯ

Тимошенко Е.В. Оперативное распределение заданий в кластерах телекоммуникационных систем на основе Grid – технологий. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2009.

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная задача, которая заключается в разработке метода повышения оперативности распределения информационно-расчетных заданий в компьютерных кластерах телекоммуникационных систем на основе технологии *Grid*.

Проведен анализ направлений развития современных и построения перспективных телекоммуникационных систем (ТКС). Установлена необходимость совершенствования работы системы управления цифровыми телекоммуникационными сетями (*Telecommunication Management Network – TMN*), которое должно быть направлено на достижение глобализации и интеллектуализацию сетей, увеличение скорости передачи информации и расширение их функциональных возможностей.

Показана целесообразность использования в ТКС компьютерных кластеров и *Grid* – технологий позволяющих повысить эффективность цифровой передачи и обработки сигналов, распределения информации, а также контроля состояния и управления ТКС и сетями связи в её составе. Выполнен анализ функционирования компьютерных кластеров ТКС на основе технологии *Grid* и обоснован выбор основных критериев эффективности их работы. Сформулирована общая научная задача диссертации и ряд частных задач, связанных с разработкой метода повышения оперативности распределения заданий в кластерах телекоммуникационных *Grid* систем.

Разработан метод повышения оперативности распределения информационных заданий в кластерах ТКС на основе *Grid* – технологии, в которой получила дальнейшее развитие идея рангового подхода к решению задач линейного программирования с булевыми переменными. Для исследования эффективности созданного метода разработана модель функционирования кластера ТКС с разделяемыми ресурсами. В модели реализована концепция отказоустойчивого планирования распределения заданий при наличии двух конкурирующих за вычислительные ресурсы кластера очередей поступающих запросов. Разработаны приближенные процедуры оперативного распределения заданий в кластерах ТКС, для которых созданы стратегии поиска оптимальных решений задачи планирования в пространстве состояний представленном в виде симметричного графа. Проведено экспериментальное исследование разработанных приближенных процедур распределения заданий, в результате которого показано, что в отличие от известных ранее, разработанные процедуры обладают высоким быстродействием при малой погрешности решения.

Показано, что процедуры решения задач дискретной оптимизации, созданные на основе идеи рангового подхода с использованием симметричных графов, могут быть эффективно распараллелены в кластерах ТКС при планировании распределений информационно-вычислительных заданий. Разработаны параллельные ранговые процедуры решения задачи о назначениях, на основе которой разработана модель распределения заданий в кластере телекоммуникационной *Grid* системы. Показана перспективность использования данной модели в системе управления пакетной обработкой заданий кластера. Проведенная экспериментальная оценка разработанных параллельных процедур назначения заданий показала, что их использование, в сравнении с существующими последовательными процедурами, позволяет полнее использовать вычислительные ресурсы кластера, многократно увеличить оперативность планирования и эффективность обслуживания собственных заданий и клиентских заказов ТКС по управлению сетями связи, распределению информации, цифровой обработке и преобразованию сигналов.

Разработана программная модель функционирования кластера ТКС с разделяемыми ресурсами на основе *Grid* - технологии, которая позволяет по основным критериям оценить эффективность разработанного метода оперативного распределения заданий, а также созданных на его основе процедур работы планировщика кластера в условиях отчуждения и замещения вычислительных ресурсов. Проведено экспериментальное исследование разработанной стратегии групповой выборки заданий и показано её преимущество перед стратегией *FIFO* (*First In First Out*) по показателям функциональной мощности, сохранения эффективности и использования вычислительных ресурсов кластера. Показана, целесообразность использования

программной модели для анализа и сбора статистики об эффективности работы кластера ТКС. Сформулированы рекомендации по интеграции разработанных метода планирования и программного обеспечения в структуру системы управления пакетной обработкой заданий кластера ТКС на основе *Grid* - технологии.

Ключевые слова: дискретная оптимизация, теория графов, кластер телекоммуникационной системы, *Grid* - технология, распределение информации, управление сетями связи, цифровая обработка и преобразование сигналов.

SUMMARY

Tymoshenko I.V. Operative distribution of tasks in the clusters of telecommunication systems on the basis of Grid - technologies. - Manuscript.

The dissertation is prepared for receiving the degree of candidate in technical sciences in specialty 05.12.02 – telecommunication systems and networks; Ukrainian State Academy of Railway Transport; Kharkiv, 2009.

In dissertational operation the actual scientifically-applied task which consists in development of a method of rise of efficiency of allocation of information calculating jobs in computer clusters of telecommunication systems on the basis of technology Grid is solved.

The analysis of directions of development modern and constructions of perspective telecommunication systems (TCS) is carried out. Necessity of use in TCS technologies Grid and computer clusters is shown. Criteria of their functioning are proved. The scientific problem of the dissertation is formulated, connected with working out of a method of increase of efficiency of distribution of tasks in clusters TCS on the basis of Grid technologies. The method of increase of efficiency of distribution of information tasks in clusters TCS on the basis of Grid – technologists is developed. The model of functioning of cluster TCS with divided resources as a result of which research high efficiency of the developed method of planning and the procedures of operative distribution of tasks created on its basis is shown is constructed. It is shown that application of the developed method and the software in clusters TCS on the basis of Grid - technologists raises a management efficiency communication networks, distributions of the information, digital processing and transformation of signals.

Key words: discrete optimization, theory of graphs, cluster of telecommunication system, Grid technology, information distribution, management of communication networks, digital processing and transformation of signals.

Тимошенко Євген Валерійович

ОПЕРАТИВНИЙ РОЗПОДІЛ ЗАВДАНЬ
В КЛАСТЕРАХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВІ GRID - ТЕХНОЛОГІЙ

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

д.т.н., проф. Лістровий С.В.

Підписано до друку _____
Формат 60x84 1/16. Папір для множних апаратів.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,1.
Замовлення № _____. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від 12. 06. 2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.