

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ШЕБАНОВА ЛЮДМИЛА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 621.395.7

**МЕТОД УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТРАНСПОРТНОЇ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ
БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

Дисертація

на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Науковий керівник

Турупалов Віктор Володимирович

кандидат технічних наук

Донецьк-2011

ЗМІСТ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНИХ ТКМ.....	12
1.1. Основні поняття для транспортних мереж.....	12
1.2. Аналіз несправностей у транспортних мережах.....	20
1.3. Класифікація моделей для ТКМ.....	26
1.4. Методи оцінки надійності.....	28
1.5. Методи розв'язання багатокритеріальної оптимізації.....	31
Висновки до розділу 1.....	37
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ТКМ.....	38
2.1. Аналіз параметрів та обмежень математичних моделей транспортної ТКМ	38
2.2. Модель функціональної надійності транспортної ТКМ.....	42
2.2.1. Модель функціональної надійності каналів і вузлів.....	42
2.2.2. Модель процесу встановлення з'єднання.....	53
2.2.3. Критерії і алгоритми вибору оптимальних маршрутів.....	61
2.3. Модель пропускної здатності.....	68
2.4. Модель капітальних витрат.....	72
Висновки до розділу 2.....	78
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ.....	79
3.1. Постановка завдання багатокритеріальної оптимізації.....	80
3.2. Формування підмножини компромісних варіантів рішень для транспортної ТКМ	84
3.3. Застосування нечітко-імовірнісного підходу для підмножини Парето- оптимальних варіантів.....	88
Висновки до розділу 3.....	97

РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ СТРУКТУРОЮ	
ТРАНСПОРТНОЇ ТКМ.....	98
4.1. Метод організації структури мережі	99
4.1.1. Постановка завдання.....	99
4.1.2. Реалізація методу організації структури мережі та отримані результати	101
4.2. Принцип формування неідентичних структур. Критерій неідентичності для порівняння структур первинної мережі	106
4.3. Оцінка структури мережі на підставі роботи експертів і порівняння з результатами роботи програмного продукту	111
4.4. Перспективи побудови мереж, що самоорганізуються	135
Висновки до розділу 4.....	137
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	138
ДОДАТОК А. Реалізація методу організації структури мережі.....	141
ДОДАТОК Б. Результати обчислення показників функціонування мережі на базі моделей пропускнуої здатності (модуль TrafNet), функціональної надійності (модуль RelNet) та капітальних витрат (модуль InvestNet)....	146
ДОДАТОК В. Результати обчислення показників функціонування мережі на базі моделей пропускнуої здатності (модуль TrafNet), функціональної надійності (модуль RelNet) та капітальних витрат (модуль InvestNet) при додаванні резервних каналів (модуль RingsNet_Build).....	148
ДОДАТОК Г. Результати роботи класу Rel_all (Rel_all.h) для обчислення пов- ної працездатності мережі при відмові відповідної кількості каналів	149
ДОДАТОК Д. Експериментальні дані з підвищення імовірності працездатності мережі при збільшенні кількості резервних ліній	150
ДОДАТОК Ж. Результати знаходження області Парето модулем OpNet (клас Pareto) та оптимального значення за Сугено (клас Sugeno).....	151
ДОДАТОК З. Результати роботи експертів	152
ДОДАТОК К. Результати дослідження переваги запропонованого методу удо-	

сконалення структури транспортної ТКМ.....	154
ДОДАТОК Л. Приклад визначення оптимального рішення за мірою Сугено	155
ДОДАТОК М. Акти впровадження.....	159
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	164

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

SDH	– Synchronous Dijital Hierarchy. Технологія синхронного мультиплексування.
MTBF	– Mean Time Between Failures. Середній час між відмовами.
MTTR	– Mean Time to Recovery. Середній час відновлення.
A	– Availability. Доступність.
BER	– Bit Error Ratio. Коефіцієнт бітових помилок.
BIP	– Bit Interleaved Parity. Парність бітів, що чергуються.
AIS	– Alarm Indication Signal. Сигнал індикації аварійного стану.
TTI	– Trail Trace Identifier. Ідентифікація трасування поточного маршруту.
LOS	– Loss of Signal. Втрата сигналу.
LOF	– Loss of Frame. Втрата кадру.
AU-LOP	– Administrative Unit Loss of Pointer. Втрата покажчика адміністративного блоку.
TU-LOP	– Tributary Unit Loss of Pointer. Втрата покажчика блоку компонентного навантаження.
TM	– Terminal Multiplexor. Термінальний мультиплексор.
ADM	– Add-Drop Multiplexor. Мультиплексор вводу/виводу.
DXC	– Digital Cross-Connector. Цифровий крос-конектор.
PP	– Part Protection. Захист тракту.
DNI	– Dual Node Protection. Резервування вузлів.
SNCP	– Subnetwork Connection Protection. Резервування з'єднань.
MSP	– Multiplex Section Protection. Резервування секцій мультиплексування.
MSP-SPRing	– Multiplex Section Shared Protection Ring. Резервування секцій мультиплексування елементів кільця з відновленням з'єднання.
ТКМ	– Телекомунікаційні системи та мережі.
СЛТ	– Синхронні лінійні тракти.
ВОЛЗ	– Волоконно-оптична лінія зв'язку.

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток телекомунікацій і стрімке зростання конкуренції на ринку телекомунікаційних послуг приводять до удосконалення існуючих систем зв'язку й створення нових на базі сучасних технологій, включаючи вирішення різноспрямованих задач, яким на сьогоднішній день приділяється досить пильна увага як в Україні, так і за кордоном.

Важливими особливостями для телекомунікаційних мереж (ТКМ), що проектується або підлягають модернізації, є розширення їх функціональних можливостей, ускладнення структури, зростання кількості об'єктів інформаційної взаємодії, необхідність адаптації до швидко мінливих обставин, а також перехід до складних і групових алгоритмів керування. На всіх етапах проектування завдання аналізу й синтезу вирішуються як оптимізаційні.

Удосконалення структури мережі та параметрична оптимізація зустрічає серйозні труднощі, що обумовлені наступними обставинами:

- відсутність достовірних даних для побудови математичних моделей, необхідних при вирішенні завдань оптимізації;
- висока вартість і тривалість проведення експериментальних досліджень для одержання достовірних даних;
- суб'єктивна думка у виборі критеріїв, вагових коефіцієнтів, оцінки вартісних витрат;
- висока розмірність розв'язуваних завдань.

Прийняття рішень – найбільш відповідальна й інтелектуальна сфера діяльності людини й, у першу чергу, керівника будь-якого рангу. Завдання вибору найкращих варіантів при проектуванні систем в умовах обмеженого фінансування є однією з найбільш типових для використання методів прийняття рішень.

Протягом останніх років ведуться інтенсивні розробки в напрямку синтезу оптимальної структури мережі, тобто знаходження відповідного розташування вузлів і з'єднувальних ліній, та вибору оптимальної ТКМ за частинними критеріями, якими вона характеризується. Серед закордонних та вітчизняних авторів, які вирішували

окремі завдання в цій області, можна зазначити наступних: Lieska K. [1], Laitinen E. [1], Jaffres-Runser K. [2], Gorce J.-M. [2], Ubeda S. [2], Collette Yann [3], Безрук В. [4,5,6], Свід І.[4], Корсун І. [4], Рубалко Д. [5], Чеботарьова Д. [6], Кирик М.І. [7,8], Тимченко О.В. [7], Климаш М.М. [9], Альошин Г.В. [10], Ю.А.Богданов[10], Стеклов В.К. [11], Беркман Л.Н. [11,12] та інші.

Незважаючи на величезну кількість публікацій щодо методів багатокритеріальної оптимізації та методів пошуку оптимальної структури для ТКМ, на сьогоднішній день є потреба в ефективних методах визначення оптимальної структури транспортної мережі (з оптимальною кількістю ліній зв'язку та їх розташуванням), які б враховували при цьому компромісне значення критеріїв функціональної, пропускної здатності та капітальних витрат. Більшість відомих методів оптимізації не дозволяють порівнювати реалізації побудови мереж з кращими рішеннями при урахуванні отриманих вихідних параметрів та знаходити оптимальний шлях розвитку транспортної інфраструктури. На відміну від існуючих, запропонований метод удосконалення структури транспортної ТКМ дозволяє проводити дослідження мереж на етапі планування, експлуатації та модернізації, використовуючи обґрунтовані критерії оптимізації. Усе вище викладене підкреслює важливість і актуальність розглянутого питання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Питання і завдання, розглянуті в дисертаційній роботі, відповідають Державній програмі розвитку "Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природних, технічних і гуманітарних наук на 2009-2013 рр." позиція 1.2.5.2 "Науково-технічне забезпечення процесів конвергенції в телекомунікаційних мережах", що затверджено наказом МОН України, Національною Академією Наук України від 26.11.09 № 1066/609. Виконання дисертаційної роботи пов'язане з планами науково-дослідницьких робіт Державного Вищого навчального закладу "Донецький національний технічний університет". Ряд положень дисертації є результатами науково-дослідної роботи, виконаної при особистій участі автора в якості виконавця в період 2007-2010 рр. (Н-15-05 "Сучасні методи дослідження динамічних процесів в системах контролю управління і телекомунікацій").

Окремі результати дослідження впроваджено на мережі оператора стільникового зв'язку ПрАТ "МТС Україна", а також оператору фіксованого зв'язку ВАТ "Промтелеком" для оптимізації структур транспортних мереж з врахуванням оптимальних значень частинних критеріїв функціональної надійності, пропускної здатності та капітальних витрат, що підтверджено відповідними актами.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено в навчальний процес в лекційному курсі з дисципліни "Проектування засобів та систем ТКМ".

Метою роботи є підвищення якості функціонування мережі за рахунок удосконалення структури транспортної ТКМ за критеріями функціональної надійності, пропускної здатності та капітальних витрат.

Завдання дослідження:

– проаналізувати математичні моделі функціональної надійності, пропускної здатності та капітальних витрат транспортної ТКМ для вирішення завдань планування нових мереж, модернізації та реконфігурації існуючих;

– на основі вихідних даних від моделей удосконалити метод багатокритеріальної оптимізації транспортної ТКМ за частинними критеріями функціональної надійності, пропускної здатності й капітальних витрат;

– розробити метод для формування множини структур транспортної мережі, який би враховував дані про відстань між парами вузлів та економічні показники;

– розробити метод удосконалення структури транспортної ТКМ з урахуванням значень критеріїв транспортної мережі, а також реалізувати на його основі програмний продукт для визначення найбільш доцільної зі структур в автоматичному режимі.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в запропонованому новому підході для процесу проектування транспортної мережі та нових можливостей керування структурою мережі на етапі експлуатацій, що дозволяє забезпечити підвищення якості функціонування транспортної ТКМ та полягає в наступному:

1. Здобули подальший розвиток математичні моделі функціональної надійності, пропускної здатності та капітальних витрат, які враховують властивості мережі SDH до самовідновлення за рахунок використання схем захисту трафіку та відріз-

няються тим, що дозволяють оцінити критерії якості функціонування (повну імовірність працездатності, коефіцієнт використання ємності та коефіцієнт використання капітальних витрат для транспортної ТКМ) на етапі планування та експлуатації мережі.

2. Удосконалений метод багатокритеріальної оптимізації для транспортних ТКМ, який комбінує у собі методи, що є дієвими для умов невизначеності або часткової невизначеності, та нечітко-можливісний підхід на основі міри Сугено. Представлена комбінація методів дозволяє обирати оптимальне рішення при наявності однакових пріоритетів серед критеріїв, більше звужувати область рішень при наявності великої кількості альтернатив, отримати максимальну ступінь близькості шуканого рішення до очікуваного і за рахунок чого є більш ефективним.

3. Вперше запропонований метод організації структури для транспортної ТКМ, що відрізняється правилом пошуку можливих вузлів-претендентів на об'єднання – дозволяє угруповувати в кільце вузли однієї ємності на основі даних про відстань між парами вузлів та економічні показники. Все це дозволить сформувати множину неідентичних структур для транспортної мережі, серед яких буде обрана найбільш доцільна з урахуванням узагальненого показника якості функціонування.

4. Вперше запропонований метод удосконалення структури транспортної ТКМ, що ґрунтується на основі моделей, методах багатокритеріальної оптимізації та організації структури мережі. На відміну від інших, представлений метод дозволяє визначити найбільш раціональну зі структур транспортної ТКМ з урахуванням альтернативних значень трьох різнопланових критеріїв – функціональної надійності, пропускної здатності та капітальних витрат, а отже забезпечити високу якість функціонування.

Об'єкт дослідження: процес визначення та удосконалення структури транспортної ТКМ за критеріями функціональної надійності, пропускної здатності та капітальних витрат.

Предмет дослідження: моделі та методи оптимізації для удосконалення структури транспортної ТКМ.

Методи дослідження: методи багатокритеріальної оптимізації в умовах не-

визначеності або часткової невизначеності, теорії нечітких множин, методи математичної статистики, методи нелінійного програмування.

Практичне значення одержаних в дисертаційній роботі результатів для галузі телекомунікацій полягають в наступному:

– розроблений на базі методу удосконалення структури транспортної ТКМ програмний продукт базується на отриманих теоретичних дослідженнях удосконалених математичних моделей, методу багатокритеріальної оптимізації (акт про впровадження в навчальний процес від 14.03.2011р.) і запропонованому методі організації структури транспортної мережі;

– програмний продукт дозволяє автоматизувати процес пошуку раціонального рішення щодо структури транспортної ТКМ, а отже скоротити витрачений на це час (програмний продукт – 184 с, експерти– 36 годин);

– отримані виграш у стійкості до пошкоджень 58%, виграш у запасі надійності 3%, виграш у коефіцієнті бітових помилок при відсутності елементів, що відмовили, $4 \cdot 10^{-11}$ (для мережі з 460 елементами) відображують ступінь поліпшення якості функціонування транспортної ТКМ за рахунок визначення найбільш доцільної структури транспортну мережі на основі розробленого методу удосконалення структури транспортної ТКМ;

– отримані результати досліджень використовуються на транспортних мережах оператора стільникового зв'язку ПрАТ "МТС Україна" (акт впровадження від 03.02.2011), оператора фіксованого зв'язку ВАТ "Промтелеком" (акт впровадження від 15.03.2011 р.).

Особистий внесок здобувача.

Полягає в самостійному отриманні основних наукових результатів, експериментальних досліджень та апробації результатів. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, дисертантові належать: формування задач, удосконалення математичних моделей для транспортних ТКМ [13-16,17-20], розробка методу багатокритеріальної оптимізації за трьома критеріями: функціональної надійності, пропускнуої здатності та капітальних витрат для транспортних ТКМ [21,22], розробка методу удосконалення структури транспортної мережі на основі методу організації стру-

ктури мереж та багатокритеріальної оптимізації за частинними критеріями [22,23]. Одна робота представлена без співавторства і присвячена методу багатокритеріальної оптимізації [24].

Апробація результатів дисертації.

Основні результати досліджень були представлені та обговорені на наступних науково-технічних конференціях:

- науково-методичній конференції "Сучасні проблеми телекомунікацій і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій -2007, 2010", Львів.
- III Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування", Вінниця, 2007 р.
- третій міжнародній науково-технічній конференції і першій студентській науково-технічній конференції "Проблеми телекомунікацій-2009", Київ: Національний імпульс університет України "КПІ", 2009 р.
- 22 Міжнародній науково-практичній конференції "Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины", м. Алушта, Крим, 2009 р.
- IV Міжнародному науково-технічному симпозиумі "Нові технології в телекомунікаціях" ДУІКТ-КАРПАТИ, Вишків 2011 р.

Публікації. Матеріали дисертації опубліковано в 12 наукових працях, з них 5 – доповіді на науково-технічних конференціях, 7 – у фахових виданнях згідно переліку ВАК України (5 робіт опубліковані у збірниках наукових праць, 2 – в наукових журналах).

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 177 сторінок, в тому числі 49 рисунків, 12 таблиць, 10 додатків на 24 сторінках і списку використаних джерел – 130 найменувань на 14 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lieska K. On multicriteria optimization of cellular networks / Lieska K., Laitinen E. // 12th IEEE International Symposium on Publication «Personal, indoor and mobile radio communications». – Athens, Greece, 2007. – Vol. 1 – P. A-51–A-55.
2. Jaffres-Runser K. Multiobjective QoS-Oriented Planning for Indoor Wireless LANs / Jaffres-Runser K., Gorce J.-M., Ubeda S. // IEEE 64th Vehicular Technology Conference. – Canada, Monreal, 2006. – P. 1-5.
3. Collette Y. Multiobjective. Optimization. Principles and Case Studies / Y. Collette, P. Siarry. – Berlin, 2007. – 293 p.
4. Bezruk V. Methods of multicriteria optimization in telecommunication etworks planning and controlling / Bezruk V., Svid I., Korsun I. // Proceedings of conference «Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science». – Lviv-Slavsko, 2006. – P. 381-383.
5. Bezruk V. Multicriteria optimization in telecommunication networks planning / V. Bezruk, D. Rybalko // Proceedings of 17th International Crimean conference «Microwave & telecommunication technology». – Sevastopol, 2007. – P. 338-340.
6. Bezruk V. Multicriteria optimization of projects solutions using performance characteristics method when planning mobile communication networks / Bezruk V., Chebotariova D. // Proceedings of conference «Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science». – Lviv-Slavsko, 2008. – P. 412-413.
7. Кирик М.І. Використання програмних засобів для моделювання та оптимізації інформаційних мереж / М.І. Кирик, О.В. Тимченко // Матеріали ХХІІІ науково-технічної конференції «Моделювання та інформаційні технології». – Львів, 2004. – С. 35-39.
8. Кирик М.І. Надійність функціонування та оптимізація структури інформаційних комп'ютерних мереж / М.І. Кирик, О.Л. Костів // Матеріали науково-практичної конференції «Сучасні проблеми телекомунікацій-2005». – Львів, 2005. – С. 24-39.
9. Климаш М.М. Методи визначення показників якості послуг в телекомуніка-

ційних мережах / Климаш М.М., Бурачок Р.А., Андрухів Т.В. – Львів: Нац. ун-т «Львівська-політехніка», 2009. – 285 с.

10. Алешин Г.В. Эффективность сложных радиотехнических систем / Г.В. Алешин, Ю.А.Богданов – Киев: «Наукова думка», 2008. – 170 с.

11. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку: [підручник для вищ. навч. закладів] / Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Кільчицький Є.В. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.

12. Беркман Л.Н. Математичні методи вирішення задач оптимізації проектування систем і мереж зв'язку: [навч. посібник] / Беркман Л.Н., Кільчицький Є.В., Скобілова Н.М. – К.: ДП УНДІЗ, 2002. – 92 с.

13. Прядко Л.О. Надійність в телекомунікаційних мережах. Телекомунікаційні системи, оптимальне резервування, багатофункціональні системи, надійність R-типу, надійність T-типу / Л.О. Прядко, В.В. Турупалов // Науковий журнал «Вісник» Вінницького національного технічного університету – Вінниця, 2007 р. – Випуск 5(74). – С. 147-151.

14. Прядко Л.О. Оптимізація показників якості телекомунікаційної мережі / Л.О. Прядко, В.В. Турупалов // Національна Академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології». – Київ, 2007 р. – Випуск 44. – С. 55 – 58.

15. Прядко Л.О. Аналіз вимог до надійності телекомунікаційної системи / Л.О. Прядко, О.О. Шебанов, В.В. Турупалов // Збірник наукових праць Донецького національного технічного університету серія «Обчислювальна техніка та автоматизація-2009». – Донецьк, 2009 р. – Випуск 17 (148). – С.37-42.

16. Молоковський І.О. Повышение надежности передачи информации в сетях технологической связи / І.О. Молоковський, Л.О. Шебанова, В.В. Турупалов // Національна Академія наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології». – Київ, 2009 р. – Випуск 54. – С.109-112.

17. Прядко Л.О. Надійність в телекомунікаційних мережах / Л.О. Прядко, В.В. Турупалов // Матеріали III Міжнародної конференції «Сучасні проблеми радіоелек-

- троніки, телекомунікацій та приладобудування-2007». – Вінниця, 2007 р. – С. 35-36.
18. Прядко Л.О. Дослідження алгоритму оптимального резервування для телекомунікаційних систем / Л.О. Прядко, В.В. Турупалов // Матеріали науково-методичної конференції «Сучасні проблеми телекомунікацій і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій -2007». – Львів, 2007 р. – С. 46-47.
19. Прядко Л.О. Дослідження телекомунікаційної мережі з комплексним показником надійності / Л.О. Прядко, О.О. Шебанов, В.В. Турупалов // Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції і I студентської науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій-2009». – Київ: КПІ, 2009 р. – С. 77.
20. Надійність кільцевих структур для SDH-мереж / Л.О. Шебанова, О.О. Шебанов, В.В. Шевченко, В.В. Турупалов // Матеріали 22 Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективныe компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины». – Алушта, 2009 р. – С. 24-26.
21. Шебанова Л.О. Аналіз критеріїв оптимальності функціонування транспортних телекомунікаційних мереж [Електронний ресурс] / Л.О. Шебанова, В.В. Турупалов // Науковий журнал «Проблеми телекомунікацій». – 2010. – № 2 (2). – с. 23 – 32. – Режим доступу до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102_shebanova_analisis.pdf. – Дата доступу: 02.03.2011.
22. Шебанова Л.О. Пошук оптимальної структури транспортної ТКМ/ Л.О. Шебанова, В.В. Турупалов // Матеріали IV Міжнародного науково-технічного симпозиуму «Нові технології в телекомунікаціях» ДУІКТ-Карпати. – Карпати, Вишков, 2011 г. – С. 26-27.
23. Шебанова Л.О. Метод удосконалення структури транспортної телекомунікаційної мережі на основі багатокритеріальної оптимізації / Л.О. Шебанова, І.О. Молоковський, В.В. Турупалов // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк, 2011 р. – Випуск 25. – С. 5-9.
24. Шебанова Л.О. Багатокритеріальна оптимізація критеріїв транспортної телекомунікаційної мережі / Л.О. Шебанова // Національна Академія наук України.

Інститут проблем моделювання в енергетиці. Збірник наукових праць "Моделювання та інформаційні технології". – Київ, 2010 р. – Випуск 56. – С. 162-167.

25. Закон України «Про телекомунікації» від 18 жовтня 2003 р. за № 3114 // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – 157 с.

26. Мережа зв'язку цифрова первинна. Терміни та визначення: ДСТУ 3773-98. – [Чинний від 1998-24-07]. – К.: Держстандарт України, 1999. – III, 15 с. – (Національний стандарт України).

27. Generic functional architecture of the Transport networks: G.805. – [Be in force 2000-03-01]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 2000. – 58 p. – (International standard for telecommunication).

28. Бирюков Н.Л. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования: [учебник для студ. вузов по спец. «Телекоммуникации»] / Н.Л. Бирюков, В.К. Стеклов; под общ. ред. В.К. Стеклова. – К., 2003. – 352 с.

29. Шмалько А.В. Цифровые сети связи. Основы планирования и построения / А.В. Шмалько. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 284 с.

30. Хмелёв К.Ф. Основы SDH: [монография] / К.Ф. Хмелёв. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. – 584 с.

31. Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети: [учебное пособие в 3 т. Т.1]: Современные технологии / Крук Б.И., Попантопуло В.Н., Шувалов В.П.; под ред. проф. В.П. Шувалова. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 647 с.

32. Основы проектирования, строительства и эксплуатации сетей связи [Электронный ресурс]: конспект лекций/ Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. – Режим доступа:

http://www.do.sibsutis.ru/bakalavr/sem8/COURSE_opsess/lex03.htm. – Дата доступа: 05.06.2009.

33. Демидов С.С. Технологии построения опорных сетей [Электронный ресурс] / С.С. Демидов // Библиотека интернет индустрии. – Режим доступа:

http://www.i2r.ru/static/258/out_5641.shtml. – Дата доступа: 06.05.2010.

34. Synchronous digital hierarchy (SDH) management: G.784 – [Be in force 1999-

06-04]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1999. – 57 p. – (International standard for telecommunication).

35. Ивашкин И. Применение технологи SDH на сетях операторов мобильной связи [Электронный ресурс] / И. Ивашкин// Журнал«Mobile». – 2002. – №3. – С. 68. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2009/kita/chepak/library/article6.htm> . – Дата доступа: 03.08.2010.

36. Андрэ Ж. Руководство по технологии и тестированию системWDM. / Андрэ, Ж.; под общ. ред. А.В. Шмалько; пер. с англ. под ред. А.М. Бродниковского. – М.: EXFO, 2001.

37. Волоконно-оптические кабели: Теоретические основы, конструирование и расчет, технология производства и эксплуатация: [монография] / Д.В. Иоргачев, О.В. Бондаренко, О.Ф. Дащенко, А.В. Усов. – Одесса: Астропринт, 2000. – 536 с.

38. Сатовский Б.Л. MPLS – технология маршрутизации для нового поколения сетей общего пользования [Электронный ресурс] / Б.Л. Сатовский // Журнал «Сети и системы связи». – 2000. – №3. – Режим доступа: http://ccc.ru/magazine/depot/01_03/read.html?0303.htm. – Дата доступа: 05.05.2010.

39. Горнак А.А. Сценарии развития транспортной инфраструктуры оператора [Электронный ресурс] / А.А. Горнак // Журнал «Connect». – 2008. – №4. – Режим доступа: http://www.nstel.ru/articles/CarrerTransport_for_connect/. – Дата доступа: 05.05.2010.

40. Андрушко Д. GMPLS – универсальный механизм коммутации [Электронный ресурс] / Д. Андрушко// Еженедельник «Компьютерное обозрение». – 2004. – Режим доступа: <http://ko.com.ua> . – Дата доступа: 04.06.2010.

41. Ушаков Д.А. Решение по построению магистральных мультисервисных сетей на оборудовании российских производителей [Электронный ресурс] / Д.А. Ушаков // Материалы Международной научно-практической конференции «Телекомтранс-2011». – Москва, 2011. – С. 45-46. – Режим доступа: <http://telecomtrans.rgups.ru/2004/dokl/a-sect.doc>. – Дата доступа: 21.01.2011.

42. Бестугин А.Р. Контроль и диагностирование телекоммуникационных сетей / Бестугин А.Р., Богданова А.Ф., Стогов Г.В. – СПб: Политехника, 2003 – 174 с.

43. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых волоконно-оптических сетей связи / Н.Н. Слепов. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.
44. Нікитюк Л.А. Архітектура інформаційних мереж: [навч. посібник] / Л.А. Нікитюк.; за ред. М.В. Захарченка. –Одесса, 1999. – 60 с.
45. Балькин Г.Ф. Перспективные телекоммуникационные технологии [Электронный ресурс] / Г.Ф. Балькин. – Киев, 2009. – Режим доступа: <http://www.balkin.kiev.ua/Perspektivnyye.telekomunikacionnye.tehnologii.pdf1>. – Дата доступа: 01.06.2009.
46. Хмелев К.Ф. Применение технологии SDH в Украине [Электронный ресурс] / К.Ф. Хмелев // Журнал «Сети и телекоммуникации». – 2002. – №1. – с.70-76. – Режим доступа:http://www.seti-ua.com/?in=seti_themes. – Дата доступа: 12.04.2008.
47. Architectures of the Transport Networks Based on the Synchronous Digital Hierarchy (SDH): G.803. – [Be in forse 1997-06-05]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1997. – 39 p. – (International standard for telecommunication).
48. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995 – 91 с. – (Національний стандарт України).
49. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: [учеб. пособие] / В.Р. Матвеевский. – М.: Изд-во Моск. гос. ин-та электр. и математ., 2002. – 113 с.
50. Гнеделенко Б.В. Математические методы в теории надежности / Гнеделенко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
51. Terms and definition related to quality of service and network performance including dependability: E.800 – [Be in forse 1994-08-09]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1994. – 57 p. – (International standard for telecommunication).
52. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення: ДСТУ2861-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995 – 32 с. – (Національний стандарт України).
53. Надежность технических систем: [справочник] / [Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др.]; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 464с.
54. Loss of signal (LOS) and alarm indication signal (AIS) defect detection and

clearance criteria: G.775 – [Be in forse 1998-10-04]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1998. – 15 p. – (International standard for telecommunication).

55. Parameters and calculation methodologies for reliability and availability of fibre optic systems: G.911 – [Be in forse 1997-04-10]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1997. – 111 p. – (International standard for telecommunication).

56. Яковлев А.В. Надежность информационных систем [Электронный ресурс]: конспект лекций / А.В. Яковлев // Владимирский государственный университет, филиал Муромского института. – Муром, 2004. – Режим доступа: http://www.skri.sut.ru/files/1_nis.pdf. – Дата доступа: 02.06.2009.

57. Яковлев А.В. Надежность информационных систем [Электронный ресурс]: конспект лекций / А.В. Яковлев // Владимирский государственный университет, филиал Муромского института. – Муром, 2004. – Режим доступа: http://www.skri.sut.ru/files/1_nis.pdf. – Дата доступа: 02.06.2009.

58. Types and characteristics of SDH network protection architectures: G.841 – [Be in forse 1995-07-03]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1995. – 98 p. – (International standard for telecommunication).

59. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление: [учеб. пособие] / А.И. Романов. – К.: Киевский университет, 2003. – 247 с.: ил.

60. Error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate synchronous digital paths: G.828 – [Be in forse 2001-07-11]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 2001. – 6 p. – (International standard for telecommunication).

61. Жукова Н.В. Математические основы теории сетей [метод. указания к выполнению лабораторных работ] / Н.В. Жукова, Э.Е. Зайцева // Донецкий национальный технический университет. – Донецк, 2008. – 32 с.

62. Ватаманюк А.В. Создание и обслуживание локальных сетей / А.В. Ватаманюк. – СПб.: Питер, 2008. – 302 с.

63. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: [учебник для вузов] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2003. – 864с.

64. Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional

blocks: G.783 – [Be in force 1997-04-09]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1997. – 235 p. – (International standard for telecommunication).

65. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман. – М.: Техносфера, 2004. – 440 с.

66. Слепов Н.Н. Архитектура и функциональные модули сетей SDH [Электронный ресурс] / Н.Н. Слепов // Журнал «Сети и системы связи». – 1996. – №1. – Режим доступа: http://www.ccc.ru/magazine/depot/96_01/read.html?0303.htm . – Дата доступа: 08.06.2010.

67. Шмалько А.В. Общие вопросы планирования цифровых первичных сетей связи [Электронный ресурс] / А.В. Шмалько // Сборник статей «Волоконно-оптическая техника». – Режим доступа: <http://www.fotocompany.ru/articles/tech/st2.html>. – Дата доступа: 08.06.2010.

68. Олифер В.Г. Обеспечение отказоустойчивости и синхронизация в технологии SDH [Электронный ресурс] / В.Г. Олифер // Журнал сетевых решений «LAN». – 2002. – №6. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2002/06/136259/> . – Дата доступа: 07.05.2010.

69. Хмелёв К.Ф. Цифровые системы передачи / К.Ф. Хмелёв, А.В. Волков. – К.: Полифаст, 1996. – 144 с.

70. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей [Электронный ресурс]: конспект лекций / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. – Режим доступа: <http://siblec.ru/index.php?dn=html&way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC80c2VtL2NvdXJzZTE2MS9rb25zdHBla3RfbGVjLmh0bQ==>. – Дата доступа: 01.05.2010.

71. Framework of a service level agreement: E.860 – [Be in force 2002-06-03]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 2002. – 30 p. – (International standard for telecommunication).

72. Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections: G.829 – [Be in force 2007-07-06]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 2007. – 7 p. – (International standard for telecommunication).

73. The control of jitter and wander within digital networks which are based on

the SDH: G.825 – [Be in force 1993-03-03]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1993. – 8 p. – (International standard for telecommunication).

74. Digital path, section and transmission system fault detection and localization procedures: M.2120 – [Be in force 2003-04-05]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 2003. – 50 p. – (International standard for telecommunication).

75. Operational procedures for the maintenance of the transport network: M.2130 – [Be in force 1992-10-08]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1992. – 12 p. – (International standard for telecommunication).

76. Ракк М.А. Измерения в технике связи / М.А. Ракк. – М.: Транспортная книга, 2008. – 266 с.

77. Error performance measuring equipment for digital systems at the primary bit rate and above: 0.151 – [Be in force 1992-10-12]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1992. – 21 p. – (International standard for telecommunication).

78. Гладцын В.А. Средства моделирования вычислительных сетей: [учеб. пособие] / В.А. Гладцын., В.В. Яновский. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2001. – 128 с.

79. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э.Дж. Хенли, Х. Куамото; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528с.

80. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 318с.

81. Методологія побудови систем контролю та моніторингу цифрових телекомунікаційних мереж: монографія / [Кветний Р.Н., Лисогор В.Г., Посвятенко В.П. та ін.]. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 162с.

82. Кветний Р.Н. Моделювання та оцінка параметрів якості зв'язку в телекомунікаційних мережах: [монографія] / Р.Н. Кветний. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с.

83. Черкесов Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем / Г.Н. Черкесов. – М.: Знание, 1987. – 364 с.

84. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності: ДСТУ 2862-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995 – 38 с. – (Національний стандарт України).

85. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2863-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995 – 38 с. – (Національний стандарт України).

86. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / Р. Штойер; пер. с англ. под ред. А.В. Лотова. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.

87. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс/ Б. Банди; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 198 с.

88. Шеховцов А.В. Решение многокритериальной оптимизации с использованием адаптивных алгоритмов [Электронный ресурс] / Шеховцов А.В., Крючковский В.В., Мельник А.Н. // Научно-технический журнал «Автоматика. Электротехнические комплексы и системы». – Херсон, 2007– №2(20). – Режим доступа: <http://aaecs.org/shehovcov-av-kryuchkovskii-vv-melnik-a-n-reshenie-mnogokriterialnoi-optimizacii-s-ispolzovaniem-adaptivnih-algoritmov.html>. – Дата доступа: 01.07.2010.

89. Свешников С.В. Использование нечетко-интегральной свертки для решения многокритериальных задач оптимизации [Электронный ресурс] / С.В. Свешников // Статьи сотрудников консалтинговой группы INEX-FT. – 2009. – Режим доступа: <http://socionet.ru/>. – Дата доступа: 01.07.2010.

90. Безрук В.М. Методология выбора речевых кодеков с учетом совокупности показателей качества на основе метода анализа иерархий / В.М. Безрук, Ю.В. Скорик // Научно-технический журнал «Радиоэлектроника и автоматика». – Харьков, 2009. – №645. – С. 115-124.

91. Безрук В.М. Методы многокритериальной оптимизации информационных систем / В.М. Безрук // Научно-технический журнал «Радиоэлектроника и автоматика». – Харьков, 1999. – Вып. 2/07. – С. 63-68.

92. Карпенко А.П. Методы оптимизации: базовый курс [Электронный ресурс]: конспект лекций / А.П. Карпенко // МГТУ им. Н.Э.Баумана. – Москва, 2010. – Режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=MO/base.cou>. – Дата доступа: 03.06.2010.

93. Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH):

G.707/Y1322. – [Be in force 2000-10-06]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 2000. – 184 p. – (International standard for telecommunication).

94. Digital Line Systems Based on the Synchronous Digital Hierarchy: G.958. – [Be in force 1994-11-07]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1994. – 25 p. – (International standard for telecommunication).

95. Interworking of SDH network protection architectures: G.842 – [Be in force 1997-04-13]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1997. – 39 p. – (International standard for telecommunication).

96. Головицына М.В. Основы САПР [Электронный ресурс]: конспект лекций / М.В. Головицына // Интернет университет информационных технологий. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/hardware/resp/14/>. – Дата доступа: 04.06.2010.

97. Ястребенецкий М.А. Надежность технологических средств в АСУ технологическими процессами / М.А. Ястребенецкий. – М.: Энергоиздат, 1982. – 230с.

98. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: [учеб. пособие] / Г.Н. Черкесов. – [1-е изд.]. – СПб.: Питер, 2004. – 464с.

99. Стык оптической системы передачи синхронной цифровой иерархии: ОСТ 45.131-98. – [Введ. от 1999-12-27] – М.: Минсвязи России, 1999.– 51 с. – (Руководящий документ отрасли России).

100. Линии передачи волоконно-оптические на магистральной и внутризоновых первичных сетях ВСС России. Техническая эксплуатация: РД 45.047-99. – [Введ. от 1999-12-27] – М.: Минсвязи России, 1999. – 49 с. – (Руководящий документ отрасли Минсвязи России).

101. Керівництво щодо будівництва споруд волоконно-оптичного зв'язку: КНД 141-99. – [Чинний від 2000-02-01]. – К.: Держкомзв'язок, 2004. – 120 с. – (Нормативний документ Держкомзв'язку України).

102. Willems G. Capacity versus availability trade-offs in mesh-restorable WDM networks / G. Willems // Proceedings of the third international workshop on Design of Reliable Communication Networks. – Budapest, 2001. – P. 37-38.

103. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М.: Мир, 1973. – 300с.

104. Сигал И.Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: [учеб. пособие] / И.Х. Сигал, А.П. Иванова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Физматлит, 2003. – 240 с.
105. Алгоритмы. Построение и анализ. / К. Томас, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн; пер. с англ. – [2-е изд.]. – Вильямс, 2005.
106. Лазарев В.Г. Динамическое управление потоками информации в сетях связи / В.Г. Лазарев, Ю.В. Лазарев. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.
107. Крылов Ю.Д. Методы маршрутизации в вычислительных сетях [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю.Д. Крылов // Санкт-Петербургский государственный аэрокосмического приборостроения – Санкт-Петербург, 2005. – Режим доступа: http://window.edu.ru/window_catalog/pdf2txt?p_id=21668. – Дата доступа: 05.06.2009.
108. Скворцов В.А. Примеры метрических пространств / В.А. Скворцов. – М.: МЦНМО, 2002. – 24 с.
109. End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths and connections: G.826 – [Be in force 1999-02-08]. – Geneva: ITU-T Recommendation, 1999. – 33 p. – (International standard for telecommunication).
110. Магистральные цифровые сети связи в РФ: состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] / Аналитический обзор ЗАО «Современные телекоммуникации» – 2010. – 112 с. – Режим доступа: <http://www.modetel.ru/content/view/2492/58/>. – Дата доступа: 02.07.2010.
111. Про стан первинної мережі SDH/DWDM на 2010 рік: [внутрішній звіт] / ПрАТ "МТС Україна" – Київ, 2011. – 51 с.
112. Голубицкая Е.А. Экономика связи: [учебник для вузов] / Е.А. Голубицкая, Г.М. Жигульская. – М.: Радио и связь, 2000. – 392 с.: ил.
113. Любенко Н.М. Економічне обґрунтування проектних рішень: [навчальний методичний посібник з питань виконання техніко-економічного обґрунтування в дипломних проектах] / Н.М. Любенко. – Київ, 2001. – 54 с.
114. Барабанова И.М. Экономическое обоснование проектов по созданию

элементов информационных систем в экономике / И.М. Барабанова, А.Ю. Глебовский. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 36 с.

115. Резникова Н.П. Менеджмент в телекоммуникациях / Н.П. Резникова, Е.В. Демина. – М.: Изд-во «Эко-Трендз», 2005. – 392 с.

116. Ланге О. Оптимальные решения / О. Ланге. – М.: Прогресс, 1967. – 286с.

117. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.

118. Трифонов А.Г. Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения [Электронный ресурс] / А.Г. Трифонов // Консультационный центр MATLAB компании Softline. – Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php. – Дата доступа: 01.06.2010.

119. Олифер Н.А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей [Электронный ресурс] / Н.А. Олифер, В.Г. Олифер // Центр информационных технологий. – 1998. – Режим доступа: <http://citforum.ru/nets/optimize>. – Дата доступа: 07.07.2009.

120. Антух А.Э. Приближенное построение множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации методом роя частиц [Электронный ресурс] / Антух А.Э., Семенихин А.С., Хасанова Р.В. // Научно-техническое издание «Наука и образование». – 2010. – №4 – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/141969.html> . – Дата доступа: 02.06.2010.

121. Принятие проектных решений: [учеб. пособие] / В.М. Балыбин, В.С. Лунев, Д.Ю. Муромцев, Л.П. Орлова. – Тамбов: ТГТУ, 2003. – 80 с.

122. Машунин Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации / Ю.К. Машунин. – М.: Наука, 1986. – 864 с.

123. Павлов А. Н. Принятие решений в условиях нечеткой информации: [учеб. пособие] / А. Н. Павлов, Б. В. Соколов. – ГУАП – СПб., 2006 – 72 с.

124. Ширяев А.Н. Вероятность/ А.Н. Ширяев. – М.: Наука, 1989. – 581 с.

125. Яхьяева Г.Э. Основы теории нечетких множеств [Электронный ресурс]: конспект лекций / Г.Э. Яхьяева // Интернет университет информационных технологий. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/ds/fuzzysets/4/5.html> . – Дата до-

ступа: 04.06.2010.

126. Губин Н.М. Качество связи. Теория и практика / Н.М. Губин, Г.М. Мат-лин. – М.: Радио и связь, 1986. – 272 с.

127. Vandevorde D. C++ Solutions: Companion to the C++ Programming Language / D. Vandevorde, B. Stroustrup. – Addison Wesley Longmen, 1998. – 292 p.

128. М. Эллис, Б. Струstrup. Справочное руководство по языку C++ с комментариями/ М. Эллис, Б. Струstrup. – Москва: Мир, 1992. – 445с.

129. Николас А. Солтер, Скотт Дж. Клепер. C++ для профессионалов / Николас А. Солтер, Скотт Дж. Клепер. – М: Диалектика-Вильямс, 2006. – 912с.

130. Шлее М. Qt. Профессиональное программирование на C++ в подлиннике / М. Шлее. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 544 с.