

Міністерство освіти і науки України
Одеська національна академія харчових технологій

На правах рукопису

ГРИЩЕНКО ІННА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 621.391:004.056.3

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ
ТЕЛЕКОММУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Князева Ніна Олексіївна
доктор технічних наук, професор

Одеса – 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
<u>ВСТУП.....</u>	<u>6</u>
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ СИСТЕМ І МЕРЕЖ	14
1.1. <u>Цільові установи мереж майбутнього.....</u>	<u>14</u>
1.2. <u>Завдання і проблеми аналізу та оцінки живучості.....</u>	<u>19</u>
1.2.1. <u>Основні властивості живучості.....</u>	<u>19</u>
1.2.2. <u>Характеристики живучості.....</u>	<u>21</u>
1.2.3. <u>Види живучості.....</u>	<u>23</u>
1.2.4. <u>Критерії живучості</u>	<u>26</u>
1.2.5. <u>Показники живучості</u>	<u>27</u>
1.2.6. <u>Основні причини та фактори, що викликають пошкодження або руйнування елементів телекомунікаційних мереж</u>	<u>31</u>
1.3. <u>Основні задачі аналізу живучості телекомунікаційних мереж.....</u>	<u>32</u>
1.4. <u>Методи оцінки живучості</u>	<u>35</u>
1.5. <u>Принципи та способи забезпечення та підвищення живучості</u>	<u>37</u>
1.6. <u>Визначення напрямку дослідження.....</u>	<u>46</u>
<u>Висновки до першого розділу</u>	<u>48</u>
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА І ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....	50
2.1. <u>Удосконалення методу структурного резервування</u>	<u>50</u>
2.2. <u>Забезпечення структурної живучості методом структурного резервування.....</u>	<u>59</u>
2.3. <u>Удосконалення методу підтримки параметру «посередництво».....</u>	<u>67</u>
2.4. <u>Забезпечення структурної живучості методом підтримки параметру «посередництво»</u>	<u>75</u>
2.5. <u>Удосконалення методу підтримки структурної живучості на основі перерозподілу інформаційних потоків мережі.....</u>	<u>81</u>

2.6. Забезпечення структурної живучості на основі перерозподілу інформаційних потоків мережі.....	88
<u>Висновки до другого розділу.....</u>	<u>97</u>
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	
В УПРАВЛІННІ СТРУКТУРНОЮ ЖИВУЧІСТЮ ТКМ	98
3.1. <u>Системний аналіз та принцип системності моделювання</u>	<u>98</u>
3.2. <u>Система оцінки живучості при несприятливих впливах.....</u>	<u>101</u>
3.3. <u>Система методів підвищення живучості телекомунікаційних мереж.....</u>	<u>104</u>
3.4. <u>Розробка системи підтримки прийняття рішень в управлінні структурною живучістю ТКМ.....</u>	<u>108</u>
3.4.1. <u>Архітектура системи управління живучістю</u>	<u>108</u>
3.4.2. Визначення основних завдань системи підтримки прийняття рішень в управлінні структурною живучістю	110
3.5. <u>Моделювання процесів оцінки та підвищення структурної живучості телекомунікаційних мереж з використанням удосконалених методів</u>	<u>117</u>
3.6. <u>Постановка задачі експерименту.....</u>	<u>120</u>
3.7. <u>Програмне забезпечення системи управління структурною живучістю телекомунікаційних мереж.....</u>	<u>123</u>
3.8. <u>Інтерфейс функціонування програмного забезпечення системи підтримки прийняття рішень в управлінні структурною живучістю</u>	<u>130</u>
3.8.1. <u>Вимоги до системи</u>	<u>130</u>
3.8.2. <u>Користувальницький інтерфейс.....</u>	<u>131</u>
<u>Висновки до третього розділу</u>	<u>142</u>
<u>ВИСНОВКИ</u>	<u>144</u>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	147
ДОДАТОК А. Розрахунок резервування гілок без урахування пріоритетності потоків	159
ДОДАТОК Б. – Розрахунок резервування гілок удосконаленим методом підвищення структурної живучості ТКМ	162
ДОДАТОК В. – Розрахунок резервування гілок для мережі більшої	

розмірності без урахування пріоритетності потоків... ..	165
ДОДАТОК Д. – Розрахунок резервування гілок для мережі більшої розмірності удосконаленим методом підвищення структурної живучості ТКМ... ..	168
ДОДАТОК Е. – Розрахунок резервування вузлів без урахування пріоритетності потоків.....	170
ДОДАТОК Ж. – Розрахунок резервування вузлів удосконаленим методом підвищення живучості ТКМ.....	172
ДОДАТОК З. – Розрахунок резервування вузлів для мережі більшої розмірності без урахування пріоритетності потоків.....	175
ДОДАТОК К. – Розрахунок резервування вузлів для мережі більшої розмірності удосконаленим методом підвищення живучості ТКМ.....	178
ДОДАТОК Л. – Розрахунок перерозподілу інформаційних потоків мережі.....	181
ДОДАТОК М. – Блок-схема функціонального «блоку 3»	182
ДОДАТОК Н. – Блок-схема пошуку мінімального шляху	184
ДОДАТОК П. – Акти впровадження	187

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

EIGRP – Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

FN – Future Networks

IGRP – Interior Gateway Routing Protocol

NGN – Next Generation Networks

OSPF – Open Shortest Path First

TMN – Telecommunication Management Network

БД — база даних

МСЗ — матриці станів здатності

НВ — несприятливий вплив

ПВ – пріоритет вимог

ПЗ – програмне забезпечення

СВ – середньозважена величина

ТКМ — телекомунікаційна мережа

ТВВ – таблиця «ваги» вузлів

ФСЗ — функції станів здатності

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток телекомунікацій обумовлює необхідність створення і надійного функціонування мереж, що забезпечують ефективну роботу користувача з різномірною інформацією в телекомунікаційних мережах (ТКМ). Однією з основних характеристик ТКМ є надання можливості отримання необхідної інформації для задоволення особистих потреб користувачів. Ефективність функціонування ТКМ залежить від багатьох властивостей, серед яких однією з найважливіших є живучість. Забезпечення живучості ТКМ стає все більш актуальним в зв'язку з інтенсивним розвитком телекомунікацій технологій. Живучість забезпечує визначальну можливість системи своєчасно виконувати свою місію, а саме забезпечувати прийнятний рівень обслуговування, навіть якщо нормальна експлуатація мережі ускладнюється різними проблемами.

Аналіз науково-технічної літератури показує, що дослідження живучості безпосередньо пов'язане з аналізом та оцінкою живучості на різних рівнях проектування, моделювання і функціонування систем та мереж. Подібними питаннями займалися та займаються як українські, так і іноземні вчені. Слід визначити роботи наступних авторів: Б. М. Стрихалюк, М. М. Климаш, М. В. Кайдан, А. Д. Іванніков, Н. О. Князева, А. П. Пятибратов, А.М. Юрков, Л. А. Крукиєр, Н. С. Рузанова, О. Ю. Насадкіна, В. И. Комашинський, та інші. Слід відмітити також праці вчених далекого зарубіжжя: E. Auer, D. Helmstädt, C. Hoogendoorn, G. Ohlendorf, S. V. Ahamed., V. B. Lawrence, Y. Shprungin, R. Vaisman та ін.; у розвиток методів і моделей оцінки та аналізу живучості ТКМ істотний внесок зробили такі вчені: А. К. Скуратов Г. Н. Черкесов, Ю. Ю. Громов, В. О. Драчов, К. А. Набатов, О. Г. Іванова, А. Г. Додонов, М. Г. Кузнєцова, Ю. І. Стекольніков, В. П. Блукке, Д. Е. Вінокуров, Ю. Е. Малашенко, М. Б. Ахмаді, Н. М. Новікова, Ю. П. Зайченко, В. К. Попков та інші.

Незважаючи на те, що у даний час існують різні аналітичні моделі і методи оцінки та підвищення живучості мереж, що засновані на різноманітних підходах, сьогодні існує чимало проблем аналізу живучості ТКМ, які залишаються все ще

недостатньо дослідженими. Особливо актуальними залишаються питання забезпечення необхідного рівня структурної живучості телекомунікаційної мережі, адже підтримка структурної живучості забезпечує безпосередню працездатність мережі зв'язку під впливом різних зовнішніх несприятливих впливів (НВ), здатних виводити зі стану працездатності окремі ділянки мережі на досить тривалий термін. Актуальність дослідження зумовлена ще й тим, що в даний час наростає необхідність у вдосконаленні методів, які нейтралізують силу негативних впливів на телекомунікаційну мережу. Особливої уваги потребує вирішення наступних задач: оцінка працездатності ТКМ та аналіз живучості під час впливу негативних дій, забезпечення функціонування ліній та вузлів зв'язку не зважаючи на НВ на мережу, що приводять до зміни показників живучості.

Таким чином, забезпечення структурної живучості мереж зв'язку сьогодні стає невід'ємною умовою для безвідмовного надання користувачам широкого спектру телекомунікаційних послуг.

Науково-технічна задача дисертації – розробка і вдосконалення методів оцінки та підвищення структурної живучості телекомунікаційних мереж.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в дисертаційній роботі проводились згідно наступним нормативним актам:

1. Концепція національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р., № 75/98-ВР.

2. Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» від 9 грудня 1999 р., № 2238.

3. Державна науково-технічна програма «Створення перспективних телекомунікаційних систем та технологій».

4. Концепція створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення керування рухливими об'єктами, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 17 липня 2003 р., № 410-р.

5. Концепція розвитку науки і техніки, наведеними в «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на 2011-2015 роки», затвердженому Постановою Кабінету міністрів України № 942 від 7.09.2011.

6. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р.

Дослідження, результати яких викладені в дисертації, проводились згідно з державними планами НДР, програмами та договорами, які виконуються на кафедрі Інформаційних систем та мереж Одеської національної академії харчових технологій, а також в інших організаціях:

– «Принципи створення інтелектуальної надбудови в мережах наступного покоління» (Одеська національна академія харчових технологій, №ДР 0115U000286) від 14.01.2015р, ИК 15/05;

– «Підвищення ефективності функціонування мереж наступного покоління» (Одеська національна академія харчових технологій, №ДР 0115U004197) від 10.04.2015р, МК 15/07-ИСМ;

– «Розробка методів синтезу інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у складних об'єктах управління» (Одеська національна академія харчових технологій).

Участь автора у зазначених науково-дослідних темах та проектах, в яких дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в розробці методів оцінки та підвищення живучості телекомунікаційної мережі.

Мета та задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є підвищення структурної живучості телекомунікаційних мереж для забезпечення їх безвідмовного функціонування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити сформульовану в роботі загальну науково-технічну задачу дисертації. У свою чергу, для вирішення загальної науково-технічної задачі дисертації необхідно вирішити наступні частинні наукові задачі досліджень:

1. Дослідити ролі процесів оцінювання структурної живучості ТКМ.

2. Проаналізувати існуючі методи оцінки та підвищення живучості ТКМ.
3. Удосконалити метод оптимального структурного резервування гілок для підвищення структурної живучості ТКМ.
4. Удосконалити метод визначення та підтримки параметру «посередництво» для підвищення структурної живучості ТКМ.
5. Удосконалити метод перерозподілу інформаційних потоків мережі для підвищення структурної живучості ТКМ.
6. Розробити кількісну оцінку живучості ТКМ.
7. Надати подальший розвиток методам реалізації систем прийняття рішень в управлінні структурною живучістю ТКМ.
8. Надати подальший розвиток системам управління структурною живучістю ТКМ на підставі застосування удосконалених методів оцінки та підвищення структурної живучості.

Об'єкт досліджень – процес управління структурною живучістю телекомунікаційних мереж.

Предмет досліджень – методи підвищення структурної живучості телекомунікаційних мереж.

Методи досліджень. Під час вирішення частинних задач дисертації використовувались методи системного підходу, теорії живучості, теорії графів, методи імітаційного моделювання та аналізу, методи дослідження операцій. Так, при розробці системи оцінки живучості при НВ та системи підвищення живучості телекомунікаційних мереж використовувались елементи системного підходу. При вдосконаленні методів оптимального резервування та перерозподілу інформаційних потоків використовувались елементи методів дослідження операцій. В процесі аналізу комплекс задач про закономірності збереження мережею відповідної якості у разі пошкодження її елементів та засоби забезпечення даної властивості використовувались елементи теорії живучості. Для відображення структурної схеми мережі, а також при розрахунку середньозважених величин максимального потоку в мережі використовувались елементи теорії графів. При розробці програмного забезпечення системи підтримки прийняття рішень в управлінні

структурною живучістю використовувались елементи імітаційного моделювання та аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. **Удосконалено** метод підвищення структурної живучості ТКМ на основі структурного резервування гілок мережі з максимальною «вагою», яка формується з урахуванням пріоритетності потоків, шляхи розподілення яких використовують ці гілки, що забезпечує стійке функціонування ТКМ та надає можливість оцінювати ймовірність неураження функціонування довільної пари вузлів ТКМ.

2. **Удосконалено** метод підвищення структурної живучості елементів ТКМ шляхом підтримки параметру «посередництво», який, на відміну від існуючих, надає можливість враховувати загальну кількість використовуваних шляхів, що проходять через певний вузол з урахуванням протоколів маршрутизації OSPF, IGRP, EIGRP, що сприятиме отриманню більш точного значення цього параметру для забезпечення необхідного рівня структурної живучості мережі.

3. **Удосконалено** метод підвищення структурної живучості ТКМ шляхом перерозподілу інформаційних потоків вимог, який, на відміну від існуючих, дозволяє виконати кількісну оцінку працездатності мережі.

4. **Уперше розроблено** кількісну оцінку живучості ТКМ, значенню якої (рівному «1») відповідає зважена за пріоритетами вимог сума пропускних спроможностей маршрутів обслуговування вимог в умовах нормального (без НВ) функціонування ТКМ, зміна значення якої в умовах НВ надає можливість визначити міру працездатності ТКМ.

5. **Отримали подальший розвиток** методи реалізації системи прийняття рішень в управлінні структурною живучістю ТКМ, використання яких надає можливість керувати процесом прийняття рішень з метою безвідмовного функціонування ТКМ в умовах НВ.

6. **Отримали подальший розвиток** системи управління структурною живучістю ТКМ на підставі застосування удосконалених методів оцінки та підвищення структурної живучості.

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в наступному.

1. Результати розрахунків показали, що застосування удосконаленого методу підвищення структурної живучості ТКМ на основі оптимального структурного резервування гілок мережі забезпечує зменшення трудомісткості процесу на 10%-12% у порівнянні з існуючими методами.

2. Результати розрахунків показали, що застосування удосконаленого методу підвищення структурної живучості ТКМ шляхом підтримки параметру «посередництво» забезпечує зменшення трудомісткості процесу на 8%-10% у порівнянні з існуючими методами.

3. Результати розрахунків показали, що застосування удосконаленого методу забезпечення структурної живучості ТКМ шляхом оптимального перерозподілу інформаційних потоків з використанням розробленої кількісної оцінки структурної живучості забезпечує підвищення працездатності мережі в умовах НВ на 9%-12% у порівнянні з існуючими методами.

4. У інтегрованому середовищі розробки Visual C++ розроблено програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень в управлінні структурною живучістю, що реалізує удосконалені методи підвищення структурної живучості.

5. Вірогідність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, обґрунтована коректним використанням математичного апарату та моделюванням на ЕОМ.

Результати наукових досліджень знайшли практичне застосування в науково-дослідній та навчальній роботі Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, у проектній роботі Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення» (УНДІРТ), що є головним галузевим інститутом, який відповідає за науково-технічне забезпечення галузі та координує проведення системних досліджень науково-дослідних організацій та підприємств Держспецзв'язку та захисту інформації України, що підтверджується відповідними актами впровадження.

Особистий вклад автора полягає в розробці та удосконаленні методів підвищення живучості телекомунікаційних мереж. Отримані наукові результати забезпечують вирішення поставлених у дисертації частинних задач досліджень. Усі основні наукові та практичні результати дисертації отримані особисто автором. Роботи [1-13], опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: обґрунтування важливого значення живучості NGN та застосування резервування для забезпечення працездатності мереж у випадку відмови окремих її частин [14], удосконалено метод забезпечення живучості ТКМ шляхом структурного резервування [15], розроблено кількісну оцінку стану працездатності ТКМ [16]; удосконалено оцінювання якості мереж наступного покоління показниками структурної живучості [17].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і практичні результати дисертаційного дослідження доповідались і обговорювались на XV Всеукраїнській НТК молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій» (м. Одеса, 29 квітня 2015р.); XIV Всеукраїнській НТК молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій» (м. Одеса, 17-18 квітня 2014р.); XII Всеукраїнській НТК «Математичне моделювання та ІТ» (м. Одеса, 11-12 листопада 2014р.); Міжвузівській науково-технічній студентській конференції «ІТ та кібербезпека» (м. Одеса, 14-18 квітня 2014р.); XVIII Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь XXI століття» (м. Харків, 14-16 квітня 2014р.); Всеукраїнській НПК аспірантів, молодих учених і студентів «ІТ в освіті, техніці та промисловості, ІТОТП - 2013» (м. Івано-Франківськ, 8-11 жовтня 2013р.); Міжнародній дистанційній науковій конференції Science and Education a new Dimension, Natural and Technical Science, Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe, Budapest, 2013р; X Всеукраїнській конференції студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології» (м. Одеса, 29 березня 2013г.); XVII-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь XXI століття» (м. Харків, 22-24 квітня 2013р.); XIII Всеукраїнській НТК молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан,

досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій» (м. Одеса, 18-19 квітня 2013р.); XI Всеукраїнській НТК «Математичне моделювання та ІТ» (м. Одеса, 21-23 листопада 2012р.); XII Всеукраїнській НТК молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій» (м. Одеса, 11-12 квітня 2012р.); X Всеукраїнській НТК «Математичне моделювання та ІТ» (м. Одеса, 23-25 листопада 2011р.).

Публікації. На тему дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, в тому числі 4 статті у фахових журналах [4, 16] і збірниках наукових праць [15, 17], одна у зарубіжному журналі «Science and Education a new Dimension, Natural and Technical Science» [3] та 12 матеріалів доповідей на науково-технічних конференціях [1, 2, 5-14].

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків по дисертації, списку використаної літератури та одинадцяти додатків. Повний обсяг дисертації складає 192 сторінки, у тому числі: 146 сторінок основного тексту, бібліографія зі 112 найменувань на 12 сторінках, 12 додатків на 34 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грищенко И. В. Методы обеспечения живучести телекоммуникационных сетей [Текст] / И. В. Грищенко // Холодильна техніка і технологія. - Одеса: ОГАХ, 2011. - №5 (133). – С. 143–144.
2. Грищенко И. В. Проблема повышения живучести телекоммуникационных сетей [Текст] / И. В. Грищенко // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, ННІХКтаЕ, 2012. – С. 165–168.
3. Грищенко И. В. Повышение живучести инфокоммуникационных сетей путем использования интеллектуальных систем [Текст] / И. В. Грищенко // Science and Education a new Dimension, Natural and Technical Science Vol. 8. Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe. – BUDAPEST, SCSPCEE, 2013. - №8. – С. 140–143.
4. Грищенко И. В. Метод повышения живучести инфокоммуникационной сети [Текст] / И. В. Грищенко // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, ННІХКтаЕ, 2013. - №6. (146). – С. 66–70.
5. Грищенко И. В. Резервирование как способ повышения живучести инфокоммуникационных сетей [Текст] / И. В. Грищенко // Збірник наукових праць. – Одеса, ННІХКтаЕ, 2013. – С. 184–186.
6. Грищенко И. В. Резервирование ветвей инфокоммуникационной сети с целью повышения живучести [Текст] / И. В. Грищенко // Збірник наукових праць. – Одеса, ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2013. – С. 164–166.
7. Грищенко И. В. Обеспечение живучести телекоммуникационной сети путем структурного резервирования [Текст] / И. В. Грищенко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке. - Харків, ХНУРЕ, 2013. - №4. – С. 259–260.
8. Грищенко И. В. Принципы и методы резервирования ветвей маршрутов

инфокоммуникационной сети [Текст] / И. В. Грищенко // Збірник тез доповідей. ІТ в освіті, техніці та промисловості. - Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2013. – С. 71–73.

9. Грищенко І. В. Оцінка ефективності реконфігурації телекомунікаційної мережі, як критерій живучості [Текст] / І. В. Грищенко. // Спеціалізовані комп'ютерні системи. Одеса, ОНАХТ, 2014. – С. 64.
10. Грищенко І. В. Метод визначення живучості телекомунікаційної мережі на основі обчислення працездатності елементів [Текст] / І. В. Грищенко // Холодильна техніка і технологія. Одеса, ННІХКтаЕ, 2014. – С. 75.
11. Грищенко І. В. Система управління живучістю телекомунікаційної мережі / [Текст] І. В. Грищенко // Стан досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій. Одеса, ННІХКтаЕ, 2014. – С. 119–120.
12. Грищенко І. В. Критерии живучести телекоммуникационной сети [Текст] / И.В. Грищенко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке. Харків, ХНУРЕ, 2014. – С. 169-170.
13. Грищенко І. В. Розробка систем оцінки та підвищення живучості ТКМ [Текст] / І. В. Грищенко. // Стан досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій. Одеса, ННІХКтаЕ, 2015. – С. 137-139.
14. Князева Н. А. Обеспечение живучести в сетях NGN (Next Generation Network) [Текст] / Н. А. Князева, И. В. Грищенко // Збірник наукових праць. - Одеса, ННІХКтаЕ, 2012. – С. 116–117.
15. Князева Н. А. Повышение живучести инфокоммуникационной сети путем структурного резервирования [Текст] / Н. А. Князева, И. В. Грищенко // Київ, Вісник ДУІКТ, 2012. - №2. – С. 21–25.
16. Князева Н. О. Метод обеспечения живучести телекоммуникационной сети на основе перераспределения ресурсов сети [Текст] / Н. О. Князева, И. В. Грищенко, С. В. Шестопапов // Холодильная техника и технология. Одеса, ННІХКтаЕ, 2014. - №4. (150). – С. 65–71.
17. Шестопапов С. В. Якість управління в NGN / С. В. Шестопапов, І. В.

- Грищенко [Текст] // Київ, Зв'язок, 2014. – С. 24–30.
18. Пескова С. А. Сети и телекоммуникации [Текст] / С. А. Пескова, А. В. Кузин, А. Н. Волков. – Москва: Издательский центр «Академия». – 2007. – 352 с. – (Высшее профессиональное образование).
 19. Ефанов А. Тенденции развития телекоммуникационных ТНК [Текст] / А. Ефанов // Мировая экономика и международные отношения. – 2006. – № 11. – С. 42 - 47.
 20. Петухов В. Б. История науки и техники глазами молодых исследователей [Текст] / В. Б. Петухов. // Сборник статей. — Ульяновск: УлГТУ. – 2012. – №6. – С. 369с.
 21. Recommendation MCE-T Y.3001 (05/2011), ITU-T Study Group. Серия Y. Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений. утв. 2011. – 26 с.
 22. Бакланов И. Г. NGN. Принципы построения и организации [Текст] / И. Г. Бакланов. – Москва: Эко-Трендз. 2008. – 401 с.
 23. Гольдштейн Б.С. Call-центры и компьютерная телефония [Текст] / Б. С. Гольдштейн, В. А. Фрейнкман. – Санкт-Петербург: БХВ. 2002. – 372 с.
 24. Иванников А. Д. Геоинформатика [Текст] / А. Д. Иванников, В. П. Кулагин, А. Н. Тихонов, В. Я. Цветков. – Москва: Макс Пресс. 2001. – 349 с.
 25. Велихов Е. П. Глобальные сети в интересах науки и образования [Текст] / Е. П. Велихов. – УГП им. А. К. Айламазяна. 2004. – 52с.
 26. Солдатов А. А. Информационное общество [Текст] / А. А. Солдатов. – Київ: Наука. 2014. – 82с.
 27. Климаш М. М. Дослідження методів резервування потоків в SDN-мережах [Текст] / М.М. Климаш, В.І. Романчук, Б.М. Стрихалюк // Моделювання та інформаційні технології. 2004. № 26. – С. 89-92.
 28. Росляков А. В. IP-телефония [Текст] / А. В. Росляков, М. Ю. Самсонов, И. В. Шibaева. – ТЭЖ. Москва: Эко-Трендз. 2003. – 252 с.
 29. Олифер В. Г. Компьютерные сети [Текст] / В. Г. Олифер, Н.А. Олифер. –

- Принципы, технологии, протоколы. – Питер. 2000. №4.– 672 с.
30. Заславский К. Е. Системы передач. Часть 3 [Текст] / К. Е. Заславский. – Москва: СибГАТИ. 1997. – 62с.
 31. Бакланов И. Г. NGN. Принципы построения и организации [Текст] / И. Г. Бакланов – Москва: Эко-Трендз. 2008. – 401с.
 32. Олексюк В. Організація комп'ютерної локальної мережі [Текст] / В.Олексюк, Н. Балик, А. Балик. – Тернопіль: Підручники та посібники. 2006. – 80с.
 33. Князева Н. О. Метод підвищення живучості телекомунікаційної мережі [Текст] / Н. О. Князева // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2012. – С. 92 - 97.
 34. Остерлох Х. TCP/IP. Семейство протоколов передачи данных в сетях компьютеров [Текст] / Х. Остерлох. – Москва: ДиаСофтЮП. 2002. – 578с.
 35. Пятибратов А. П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст] / А. П. Пятибратов . – Москва: Финансы и статистика. 2001. – 512с.
 36. Суворов А. Основы технологий массовых телекоммуникаций [Текст] / А. Суворов. – Москва: Феникс. 2014. – 509с.
 37. Юрков А. М. Об опыте внедрения компьютерных технологий обучения [Текст] / А. М. Юрков, Л. А. Крукиер, Г. В. Муратова. РГУ: «Телематика 2007», – С.-Петербург. 2007. – 272 с.
 38. Рузанова Н. С. Интернет в Карелии [Текст] / Н. С. Рузанова О. Ю. Насадкина // – III Республ. выставка новых информационных технологий, телекоммуникаций, компьютерных технологий и программного обеспечения. 1997. – С. 298 - 299.
 39. Бройдо В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст] / В. Бройдо. – Спб.: С.Петербург. 2002. – 688 с.
 40. Комашинский В. И. Нейронные сети и их применение в системах

- управления и связи [Текст] / В. И. Комашинский. – Москва: Телеком. 2002. – 94 с.
41. Назаров А. Т. Технические решения создания сетей [Текст] / А. Т. Назаров. – М.: Телеком. 2000. – 376 с.
 42. Скуратов А. К. Алгоритмы анализа и мониторинга телекоммуникационной сети с использованием статистических методов [Текст] / А.К. Скуратов // – УГАТУ. 2005. – С. 212 - 226.
 43. Толстых С.С. Современное состояние теории сложности и возможности ее применения в сфере телекоммуникаций. [Текст] / С.С. Толстых, В.Е. Подольский, В.В. Бучнева. Всероссийский конкурс «Информационно-телекоммуникационные системы». – Тамбов. 2008. – 46с.
 44. E. Auer, D. Helmstädt, C. Hoogendoorn, G. Ohlendorf, L. Schmidt. A generic service access network platform. – Telcom report international. Vol. 18, April 1995. – pp. 5 - 10.
 45. S.V. Ahamed., V.B. Lawrence. Design and Engineering of Intelligent Communication Systems. – Kluwer Academic Publisher. 1997. – 675 p.
 46. Пяа Gertsbakh, Yoseph Shpungin, Radislav Vaisman. Ternary Networks, Reliability and Monte Carlo. 2014. – 73p.
 47. Скуратов А. К. Методы и модели оценки живучести сложных систем [Текст] / А. К. Скуратов, Г. Н. Черкесов. – М.: Знание. 1987. – 32с.
 48. Громов Ю. Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем [Текст] / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчев, К. А. Набатов, О. Г. Иванова. – Тамбов: Издательство ТГТУ. 2007. – 88с.
 49. Додонов А. Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем [Текст] / А. Г. Додонов, М. Г. Кузнецова, Е. С. Горбачик. – Київ: Наукова думка. 1990. – 181 с.
 50. Стекольников Ю. И. Живучесть систем [Текст] / Ю. И. Стекольников. – Санкт-Петербург: Политехника. 2002. – 156 с.
 51. Блукке В. П. Исследование живучести телекоммуникационной сети на

имитационной модели в условиях физических и информационных разрушающих воздействий [Текст] / В. П. Блукке // – «Электросвязь». 2011г. – С. 52 – 56.

52. Винокуров Д. Е. Информационная система оценки живучести сетевых информационных систем, использующая построенные аналитические и процедурные модели [Текст] / Д. Е. Винокуров // – Научная книга. 2008г. – С. 243-260.
53. Малашенко Ю. Е. Исследование живучести иерархической сети [Текст] / Ю. Е. Малашенко, М. Б. Ахмади, Н. М. Новикова // Вычислительная математика и кибернетика. 2001. – С. 1-14.
54. Зайченко Е. Ю. Нахождение максимального потока и анализ показателей живучести сети при отказах [Текст] / Е. Ю. Зайченко, Ю. П. Зайченко // НТУУ «КПИ». 1996. – С. 102-113.
55. Попков В.К. Модели анализа устойчивости и живучести информационных сетей [Текст] / В. К. Попков, В. П. Блукке, А. Б. Дворкин. – Новосибирск. 2009. – 16с.
56. Дудник Б.Я. Надежность и живучесть системы связи [Текст] / Б. Я. Дудник, В. Ф. Овчаренко, В. К. Орловидр. – М.: Радиоисвязь. 1984.
57. Пиа В. Gertsbakh I and Yoseph Shpungin, Stochastic Models of Network Survivability, Latvian State University in Riga, Latvia. 2012. – 45 - 58p.
58. Elperin, T., Gertsbakh, I. B. and Lomonosov, M., Estimation of network reliability using graph evolution models. IEEE Transactions on Reliability, 40(5). – С. 572 - 581.
59. Australian mobile telecommunications industry, The Allen Consulting Group Pty Ltd, economicsignificance of mobile telecommunications, September. 2004.– 84p.
60. Додонов А. Г. Живучесть информационных систем [Текст] / А. Г. Додонов, Д. В. Ландэ. – К.: Наукова думка. 2011. – 256 с.

61. Кандаурова Н. В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст] / Н. В. Кандаурова, С. В. Яковлев, В. С. Чеканов 2-е изд. – М.: Флинта. 2013. – 344с.
62. Большая советская энциклопедия [Текст] /гл.ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. Энцикл.. 1972. – С. 569.
63. Руденко Б. Н. Надежность систем энергетики [Текст] / Б. Н. Руденко, И. Н. Ушаков. – М.: Наука. 1986. – 252 с.
64. Ковалев А.П. О живучести объектов энергетики [Текст] / А. П. Ковалев, В. В. Якимишина // Промышленная энергетика №1. 2006. – С. 20 - 26.
65. Каган Б. М. Управляющий вычислительный комплекс с автоматической реконфигурацией для ответственных АСУ ТП [Текст] / Б. М. Каган, В. М. Долкерт, М. М. Каневский // Кибернетические проблемы АСУ ТП. – М.: Знание, МДНТП, 1978. – С. 3-11.
66. Волик Б. Г. Эффективность, надежность и живучесть управляющих систем [Текст] / Б. Г. Волик, Й. А. Рябинин // – М.: Наука, Алгоритм безопасности. – 2014, №4. – С. 60-63.
67. Черкесов Г. Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем [Текст] / Г. Н. Черкесов. – М.: Знание, 1987. – 32с.
68. Колеников Р. Д. Проблема обеспечения борьбы за живучесть [Текст] / Р. Д. Колесников. – М.: Наука и современность, 2012. – 156с.
69. Державний стандарт України «Засоби обчислювальної техніки. Відмовостійкість і живучість. Загальні технічні вимоги». Чинний від 01.07.1995р. – Київ, Держстандарти України.
70. Романов А. И. Телекоммуникационные сети и управление [Текст] / А. И. Романов. – К.: ИПЦ, «Киевский университет». 2003. – 247с.
71. Князева Н. А. Повышение структурной живучести телекоммуникационной сети [Текст] / Н. А. Князева // ITNEA International Conferences, 2013. – Bulgaria. – С. 152 - 166.

72. Зайченко О. Ю. Анализ и оптимизация показателей живучести компьютерных сетей с технологией ATM [Текст] / О. Ю. Зайченко // – Системи дослідження та інформаційні технології. 2003. №1. – С.16 - 24.
73. Князева Н. А. Метод обеспечения структурной живучести телекоммуникационной сети [Текст] / Н. А. Князева // ITNEA International Conferences. 2013. – С. 275 - 284.
74. Ковалев А.П. О живучести объектов энергетики [Текст] / А. П. Ковалев, В. В. Якимишина // Промышленная энергетика. 2006. №1. – С. 20 - 26.
75. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей [Текст] / В. М. Вишневский. – М.: Техносфера, 2003. – 512с.
76. Закон України "Про телекомунікації". ст.15.п.16. Чинний від 18.11.2003 № 1280-IV.
77. Бондаренко Д. Л. Повышение структурной живучести информационно-вычислительных комплексов путем оптимального пространственного разнесения элементов [Текст] / Д. Л.Бондаренко // – Т.: Математическая морфология. ЭМБЖ. 2012. №4.
78. Величко В. В. Модели и методы повышения живучести современных систем связи [Текст] / В. В. Величко, Г. В. Попков, В. К. Попков. – М.: Научное издание. 2014. – 270с.
79. Юргенсон А. Н. Вычисление показателей живучести информационных сетей на модели нестационарной гиперсети [Текст] / А. Н. Юргенсон. – Новосибирск. 2006. – 97 с.
80. Князева Н. А. Алгоритмы оценки структурной живучести инфокоммуникационной сети [Текст] / Н. А. Князева // – Київ: Сучасні інформаційно-комунікаційні технології. ДУІКТ. 2012. – С. 192 - 193.
81. Князева Н. О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж. Ч.2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних систем і мереж [Текст] / Н. О.

Князева. – Одеса: СПД. 2012. – 240 с.

82. Князева Н.О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж Ч.1. Основи системного підходу до проектування [Текст] / Н. О. Князева, О. А. Князева. – Одеса: ВМВ. 2012. – 212 с.
83. Князева Н. А. Метод оценки структурной надежности сети при изменении ее структуры [Текст] / Н. А. Князева, А. Л. Ненов // – К.: Вісник, ДУІКТ. Т.9. 2011. №4. – С. 318-325.
84. Tech Share Информационные технологии и электроника [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.techshape.ru..> – загл. с экрана (Дата звернення 15.12.2014).
85. Механизм установка соединения с резервированием полосы пропускания: [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://truport.ru/foo_page2/muprtraff_6.html. – загл. с экрана (Дата звернення 01.10.2014).
86. Пат. №2456767, МПК H04W4/00. Способы межканальной коммуникации в многоканальных беспроводных сетях [Текст] / Кордейро Карлос М., Ко Бонг-Дзун, Чаллапали Киран С. / Патентообладатель(и): Конинклейке Филипс Электроникс US 60/868,404; заявлен 20.01.2011; опубл. 20.07.2012, Бюл. №11.
87. Ивин Ю. Э. Системы, сети и устройства телекоммуникаций [Текст] / Ю. Э. Ивин – М.. 2004. – 194с.
88. Нестеренко С. А. Задача равномерной загрузки каналов связи сети передачи данных [Текст] / С. А. Нестеренко, О. А. Усова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2009. № 43. – С. 161 - 169.
89. Максимович В. В. Управление перераспределением потоков в магистральных сетях передачи данных [Текст] / В. В. Максимович – И.: ИГУПС. 2007. – 98 с.
90. Bjorner, A. Introduction to Greedoids [Text] / A. Bjorner, G.M. Ziegler //

- Matroid Applications : Encyclopedia of Mathematics and Its Applications. –
ambridge University Press. – 1992. – V. 26. – P. 284 – 357.
91. Bryant, R.E. Graph-Based Algorithms for Boolean Function Manipulation [Text] / R.E. Bryant // IEEE Transactions on Computers. – 1986. – V. C-35. – P. 677 – 691.
 92. Colbourn, C.J. The Combinatorics of Network Reliability [Text] / C.J. Colbourn. – Oxford University Press. 1987.
 93. Network Reliability: Experiments with a Symbolic Algebra Environment [Text] / .D. Harms, M. Kraetzl, C.J. Colbourn, J.S. Devitt. – CRC Press, Inc.. 1995.
 94. Oxley, J.G. Matroid Theory [Text] / J.G. Oxley. – Oxford Science Publications. 1992.
 95. Provan, J.S. The Complexity of Reliability Computations in Planar and Acyclic Graphs [Text] / J.S. Provan // SIAM Journal on Computing. – 1986. – V. 15, No 3. – P. 694 – 702.
 96. Sekine, K. Computing the Tutte Polynomial of a Graph of Moderate Size [Text] / K. Sekine, H. Imai, S. Tani // Proceedings of the 6th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC'95), Lecture Notes in Computer Science. – 1995. – V. 1004. – P. 224 – 233.
 97. Tani, S. An Extended Framework of Ordered Binary Decision Diagrams for Combinatorial Graph Problems [Text] / S. Tani. – Master's thesis, University of Tokyo. –1995.
 98. Tutte, W.T. A Contribution to the Theory of Chromatic Polynomials [Text] / W.T. Tutte // Canadian Journal of Mathematics. – 1954. – V. 6. – P. 80 – 91.
 99. Welsh, D.J.A. Complexity: Knots, Colourings and Counting [Text] / D.J.A. Welsh // London Mathematical Society Lecture Note Series. – Cambridge University Press. –1993. – Vol. 186.
 100. Bryant, R.E. Graph-Based Algorithms for Boolean Function Manipulation [Text] / R.E. Bryant // IEEE Transactions on Computers. – 1986. – V. C-35. –

Р. 677 – 691.

101. Малащенко Ю. Е. Модели неопределенности в многопользовательских сетях [Текст] : учебное пособие / Ю. Е. Малащенко, Н. М. Новикова. – М. : Едиториал УРСС. 1999. – 160с.
102. Шмойловой Р. А. Теория Статистики под редакцией [Текст] / Р. А. Шмойловой, В. Г. Минашкин, Н. А. Садовникова. – М.: ФиС. 1998. – 417с.
103. Беляев А. Марковские процессы принятия решений [Текст] /А. Беляев, М. Гаврилов, А. Масальских, М. Медвинский. – М. Техносфера. 2004.
104. Тутубалин В. Н. Процессы размножения и гибели в экологических моделях [Текст] : учебное пособие / В. Н. Тутубалин, Ю. М. Барабашева. – М.: Техносфера . 2006. – 209с.
105. Гетьман О. О. Метод Монте-Карло (Імітаційне моделювання) [Електроний ресурс] / Гетьман О. О. – Режим доступу: <http://westudents.com.ua>. – Загл. с экрана. (Дата звернення 23.05.2015).
106. Агеев Д.В. Распределение потоков в сетях WDM с учетом эффекта самоподобия [Електроний ресурс] Д. В. Агеев. Режим доступу: <http://pt.journal.kh.ua>. – Проблеми телекомунікацій. 2013. – № 2 (11). – С. 66 - 77.
107. Лекциопедия. Библиотека лекционного материала, 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://lektsiopedia.org>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 23.04.2015).
108. Птицын Г. А. Живучесть динамических сетей телекоммуникаций [Текст] / Г. А. Птицын, Ю. Э. Ивин – М.: МТУСИ. 2003. – 79 с.
109. Головач Ю. Складні мережі [Текст] / Ю. Головач, О. Олемський // К.: Журнал фізичних досліджень. – 2006. – Т. 10, № 4. – С. 247 - 289.
110. Губанов Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. [Текст]: учебное пособие / Д. А. Губанов, Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили. – Т.: 2010. – 228 с.

111. Матричный метод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – загл. с экрана. (Дата обращения 25.03.2014).
112. Алгоритм Дейкстри. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 18.05.2014).

