

Міністерство освіти і науки України
Українська державна академія залізничного транспорту

На правах рукопису

СОТНИК ВАСИЛЬ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.391:681.518

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЕШИФРУВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ
ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
д.т.н., професор С.В. Панченко

Харків 2015

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЕШИФРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРИНЦИПІВ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ ТА ЇХ ТЕХНІЧНА ПОБУДОВА	11
1.1 Принципи забезпечення безпеки руху поїздів на перегонах	11
1.2 Класифікація методів та принципів побудови існуючих систем АЛСН	17
1.3 Аналіз існуючих систем автоматики на мережі залізниць	20
1.4 Аналіз роботи обладнань АЛСН при підвищених швидкостях руху поїздів	29
1.5 Основні напрямки відновлення і розвитку систем керування перевізним процесом	33
1.6 Висновки по розділу 1	36
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ ІНДУКТИВНОГО ЗВ'ЯЗКУ РЕЙОК ТА ЛОКОМОТИВНИХ КОТУШОК АЛСН	38
2.1 Аналіз впливу неоднородностей рейкової лінії на приймання сигналів АЛСН	38
2.2 Аналіз струму шунта і ЕРС локомотивних катушок при проходженні локомотива на окремих ділянках залізниці	45
2.3 Особливості індуктивного зв'язку рейок та локомотивних катушок на стрілках	71
2.4 Дослідження струму сигналу АЛСН при проходженні шунта над стрілкою	85

	3
2.5 Висновки по розділу 2	100
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕДАЧІ ТА ДЕШИФРУВАННЯ ЧИСЛОВИХ КОДІВ АЛСН	101
3.1 Розробка математичної моделі каналу передачі сигналів числового коду АЛСН	101
3.2 Розробка математичної моделі вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН	114
3.3 Аналіз кореляційних залежностей приймача числових кодів АЛСН	119
3.4 Нейромережева модель розпізнавання тривалості імпульсів та інтервалів кодів АЛСН	128
3.5 Висновки по розділу 4	138
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ	140
4.1 Формалізація структури моделі синтезу дешифратора числових кодів АЛСН	140
4.2 Дослідження процедури функціонування моделі нейромережевого D-триггеру в дискретному часі	142
4.3 Моделювання функцій дешифратора кодів АЛСН	149
4.4 Результати експериментальних досліджень впливу електромагнітних завад від рухомого складу на роботу локомотивних пристроїв АЛСН	153
4.5 Висновки по розділу 4	153
ВИСНОВКИ	155
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	157
ДОДАТОК А. Аналіз порушень роботи локомотивних та наземних обладнань АЛСН при підвищених швидкостях руху	173
ДОДАТОК Б. Експериментальні дослідження впливу	

електромагнітних завад від рухомого складу на роботу локомотивних пристроїв АЛСН	175
ДОДАТОК В. Експериментальні дослідження залежності форми та спектрального складу сигналів АЛСН	176
ДОДАТОК Г. Експериментальні дослідження впливу імпульсних завад на частотні спектри сигналів АЛСН числового коду	177
ДОДАТОК Д. Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи на ДП «Південна залізниця»	179
ДОДАТОК Е. Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальному процесі ННППК УкрДАЗТ	182
ДОДАТОК Ж. . Результати розрахунку техніко-економічної ефективності впровадження удосконалених методів та засобів дешифрування інформаційних сигналів АЛСН	184

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АБ – автоматичне блокування
- АЛСН– автоматична локомотивна сигналізація неперервної дії
- АЧХ– амплітудно-частотна характеристика
- ДМ – демодулятор
- ДПФ– дискретне перетворення Фур'є
- ДШ – дешифратор
- ДЦ – диспетчерська централізація
- ЕМС– електромагнітна сумісність
- ЕРС – електрорушійна сила
- ЕЦ – електрична централізація
- ІР – імпульсне реле
- ІРРП– інтервальне регулювання руху поїздів
- КАБ– кодове автоблокування числового коду
- ЛЕП– лінія електропередачі (високовольтна)
- МАЛС– маневрова АЛС
- МП – мікропроцесор
- МСІР– багаторівнева система інтервального регулювання
- НАБ– напівавтоматичне блокування
- НДР– науково-дослідна робота
- ПЕЗН– перетворювач ефективного значення напруги
- ПК – приймальні котушки
- РК – рейкове коло
- РЛ – рейкова лінія
- САР– сигнальне авторегулювання
- СПФ– смугово-проникний фільтр
- ССН– супутникова система навігації
- СЦБ– сигналізація, централізація та блокування

ВСТУП

Актуальність теми. Безпечна та безперебійна робота залізничного транспорту значно залежить від надійної роботи засобів залізничної автоматики та зв'язку. При цьому особлива роль у забезпеченні ефективної та безпечної роботи залізниць належить системам інтервального регулювання руху поїздів (ІРПП), а також локомотивним системам сигнального авторегулювання. Це потребує подальшого удосконалювання систем автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН), основним призначенням яких є виключення можливості зіткнення поїздів при порушенні інтервалів та перевищенні припустимих швидкостей руху. В системах АЛСН передача сигнальної інформації з колії на локомотив здійснюється завдяки індуктивному каналу між рейковою лінією та локомотивними приймальними пристроями. На якість роботи такого каналу негативно впливає значна кількість електромагнітних завад різного походження, що призводить до спотворення прийнятої локомотивними пристроями сигнальної інформації. Типові системи АЛСН мають обмежену надійність. Відмови в їхній роботі обумовлено різними причинами. Це й несправності локомотивних приладів АЛСН, викривлення кодових сигналів за рахунок завад тягового струму або недосконалість схем кодування рейкових кіл. Причиною збоїв у роботі систем АЛСН є також завади, які виникають при проходженні локомотивами стиків, що ізолюють окремі ділянки колії, та елементів стрілочних переводів з підвищеним рівнем магнітної індукції. При цьому існуючі системи АЛСН мають низьку інформативну здатність. Цей недолік значною мірою проявляється при збільшенні швидкості руху та його інтенсивності. В той же час, як показує аналіз багатьох досліджень, задача удосконалення методів та засобів підвищення ефективності функціонування систем АЛСН досі не вирішена. З цього можна зробити висновок, що дослідження, які спрямовані на її вирішення, є актуальними.

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

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до Концепції Державної цільової програми впровадження на залізничних коліях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 рр., (схвалена Постановою Кабінету Міністрів України № 979-р від 31.12.2004 р.), Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 рр. (затверджена Наказом Міністра транспорту та зв'язку України № 1259 від 14.10.2008 р.), Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 рр. (Постанова Кабінету Міністрів України № 1390 від 16.12.2009 р.). Автор брав участь як виконавець у науково-дослідній роботі «Дослідження і розробка методів автоматизованого управління рухомим складом залізничного транспорту» (номер держреєстрації 0111U002240).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення науково-прикладного завдання удосконалення методів та засобів дешифрування інформаційних сигналів систем автоматичної локомотивної сигналізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

– провести аналіз наукових підходів та принципів побудови систем інтервального регулювання руху поїздів та визначити шляхи їх удосконалення;

– розробити методи та побудувати математичні моделі, які можуть бути покладені в основу дослідження особливостей індуктивного зв'язку рейок та локомотивних котушок АЛСН, що дозволить забезпечити оптимальну обробку кодових сигналів (більш високий рівень завадозахищеності);

– розробити математичні моделі каналу передачі інформаційних сигналів та вхідного сигнального струму локомотивного приймача, що дозволить урахувати вплив електромагнітних завад при синтезі дешифратора числового коду АЛСН;

– провести аналіз кореляційних залежностей сигналів приймача

числових кодів АЛСН, що дозволить розробити нейромережеві моделі ідентифікації розпізнавання інформаційних сигналів;

– здійснити синтез дешифратора числових кодів АЛСН, що дозволить оптимізувати їх процес прийому та обробки;

– провести експериментальні дослідження впливу електромагнітних завад на роботу локомотивних пристроїв АЛСН, що дозволить перевірити ефективність функціонування розроблених методів та моделей дешифрування інформаційних сигналів.

Об'єкт досліджень – процес передачі, обробки та дешифрування інформаційних сигналів АЛСН.

Предмет досліджень – методи та моделі ідентифікації інформаційних сигналів АЛСН при наявності в індуктивному каналі зв'язку електромагнітних завад.

Методи дослідження. Визначення методів та математичних моделей, що були покладені в основу дослідження особливостей індуктивного зв'язку рейок та локомотивних котушок АЛСН базується на теорії електричних кіл і теорії диференціальних рівнянь; математичні моделі каналу передачі сигналів та вхідного сигнального струму локомотивного приймача – на теорії чотиріполюсників; синтез дешифратора числових кодів АЛСН – на теорії оптимального приймання сигналів і на математичній статистиці; методи кореляційного аналізу залежностей приймача числових кодів та нейромережеві моделі розпізнавання інформаційних сигналів АЛСН – на основі теорії нейронних мереж, комплексного перетворення Фур'є та методів спектрального аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання удосконалення методів та засобів підвищення ефективності функціонування систем АЛСН шляхом визначення у реальному часі негативного впливу електромагнітних завад різного походження на їх роботу та запобігання спотворення прийнятої локомотивними пристроями сигнальної інформації.

Вперше:

– розроблено методи аналізу струму шунта при проходженні локомотива на окремих ділянках залізниці та побудовані математичні моделі каналу передачі сигналів числового коду АЛСН, які були покладені в основу дослідження особливостей індуктивного зв'язку рейок та локомотивних котушок АЛСН, що дозволило забезпечити оптимальну обробку кодових сигналів;

– розроблено методи обробки інформації та побудовані математичні моделі каналу передачі вхідного сигнального струму локомотивного приймача, що дозволило урахувати вплив електромагнітних завад при синтезі дешифратора числового коду АЛСН;

– виконано синтез дешифратора числових кодів АЛСН, що дозволило оптимізувати їх процес прийому та обробки.

Удосконалено:

– методи кореляційного аналізу залежностей приймача числових кодів та нейромережеві моделі розпізнавання інформаційних сигналів АЛСН, що дозволило підвищити ефективність їх обробки.

Знайшли подальший розвиток:

– експериментальні дослідження впливу електромагнітних завад на роботу локомотивних пристроїв АЛСН, що дозволило перевірити ефективність функціонування розроблених методів та моделей дешифрування інформаційних сигналів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений комплекс моделей дає змогу оптимізувати процес (може підвищити завадостійкість) обробки інформаційних сигналів АЛСН при наявності в індуктивному каналі зв'язку електромагнітних завад. Впровадження нових методів дослідження особливостей індуктивного зв'язку рейок та локомотивних котушок дозволяє визначити негативний вплив на роботу системи АЛСН електромагнітних завад різного походження та запобігти спотворення прийнятої локомотивними пристроями сигнальної інформації. Запропоновані засоби дослідження струму сигналу АЛСН при проходженні шунта над стрілкою

дозволяють визначати завади, які виникають при проходженні локомотивами стиків рейкових кіл та елементів стрілочних переводів з підвищеним рівнем магнітної індукції. Методи аналізу кореляційних залежностей приймача числових кодів АЛСН дають змогу визначати причини збоїв у роботі систем АЛСН, що обумовлені наявністю дуги на контактах реле, перетинанням з високовольтними лініями передач, поганим контактом у розподільних муфтах, асиметрією тягового струму. Вірогідність отриманих досліджень підтверджується збіжністю теоретичних результатів і результатів з обробки експериментальних даних, отриманих у ході функціонування розроблених імітаційних моделей. Результати окремих розділів роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів та Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту при підготовці начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв'язку, начальників дистанцій сигналізації та зв'язку, заступників ШЧ з СЦБ, заступників ШЧ із зв'язку, головних інженерів ШЧ. Результати дисертаційної роботи впроваджені в 2013-2014 рр. на ДП «Південна залізниця» на ділянках прискореного руху Гребінка – Полтава та Полтава – Лозова. Очікується, що загальна сума економічного ефекту від впровадження запропонованих методів та засобів дешифрування інформаційних сигналів АЛСН і застосування їх протягом шести років складе 1238,6 тис. грн.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 10 наукових статей (з них 2 без співавторів) у фахових виданнях, затверджених МОН України, з яких 1 включена до міжнародних наукометричних баз, 1 патент на винахід, 1 патент на корисну модель та 6 тез доповідей на наукових конференціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 рр. [Текст] // Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України № 979-р. від 31.12.2004 р.
2. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України в 2004 – 2015 рр. Розрахункова вартість модернізації та реконструкції основних напрямків залізниць України для впровадження швидкісного руху [Текст] // Додатки до концепції. – К.: Держ. адміністр. залізничного транспорту України, 2004. – 36 с.
3. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України. ЦШ-0030. [Текст] // Затв. Держ. адміністр. залізничного транспорту України №288-Ц від 17.11.2003 р. – К., 2004. – 155 с.
4. Нормативні акти з безпеки руху поїздів [Текст] // Держ. адміністр. залізничного транспорту України. Головне управління безпеки руху та екології. – К.: Транспорт України, 2004. – 223 с.
5. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах [Текст] / А.Б. Бойник, С.В. Кошевой, С.В. Панченко, В.А. Сотник. – Харьков: УкрГАЗТ, 2005. – 256 с.
6. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка [Текст] // Брылеев А.М., Поупе О., Дмитриев В.С. [и др.]. – М.: Транспорт, 1981. – 319 с.
7. Кравцов, Ю.А. Системы железнодорожной автоматики [Текст] / Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров, Г.Ф. Лекута. – М.: Транспорт, 1996. – 400 с.
8. Бабаєв, М.М. Аналіз існуючих вітчизняних і закордонних систем АЛС на залізничному транспорті [Текст] / М.М. Бабаєв, В.О. Сотник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 116. – С. 120-127.

9. Леонов, А.А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации [Текст] / А.А. Леонов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – 255 с.
10. Зорин, В.И. Современные системы обеспечения безопасности железнодорожного транспорта [Текст] / В.И. Зорин // Ж.-д. трансп. – 2000. – № 11. – С. 52 – 53.
11. Зайцева, Т.Н. Обеспечение безопасности на зарубежных железных дорогах [Текст] // Ж.-д. трансп. Сер. Безопасность движения: ОИ/ЦНТИИТЭИ МПС. – 1998. – Вып.1– 2. – С. 24 – 58.
12. Казаков, А.А. Автоматизированные системы интервального регулирования движения поездов [Текст] / А.А. Казаков, В.Д. Бубнов, Е.А. Казаков. – М.: Транспорт, 1995. – 320 с.
13. Кондратьева Л.А., Системы регулирования движения на железнодорожном транспорте [Текст] / Л.А. Кондратьева, О.Н. Ромашкова. – М.: Маршрут, 2003. – 432 с.
14. Перспективные структуры управления на европейских железных дорогах // Железные дороги мира. – 2002. – № 2. – С. 4 – 27.
15. Embedded Hardware (Newnes Know It All) [Text] / G. Jack, N. Tammy, E. Fred, E. Lewin, J.K. David, G. Rick, A. Ken, H. Kamal, P. Bob // Newnes. Pap Cdr edition (September 7, 2007) – 456 p.
16. Kester, W. Mixed Signal and DSP Design Techniques [Text] / W. Kester, W. Allan // Analog Devices. – 2003. – 368 p.
17. Путевая блокировка и авторегулировка [Текст] / Н.Ф. Котляренко, А.В. Шишляков, Ю.В. Соболев, И.З. Скрыпин. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
18. Maddocks, T. Managing EMC problems in railways [Text] / T. Maddocks // International Railway Journal and Raping Transit Revolution – 1998. – № 8. – P. 27 – 28.

19. Боронцев, В.Б. Обеспечение безопасности движения на зарубежных железных дорогах [Текст] / В.Б. Боронцев // Ж.-д. трансп. Сер. Безопасность движения. – 1992. – Вып. 3-4. – С. 1-70.

20. Самсонкин, В.Н. Человеческий фактор в обеспечении безопасности железнодорожного транспорта [Текст] / В.Н. Самсонкин // Залізн. трансп. України. – 2003. – № 5 – 6. – С. 65–67.

21. Самсонкін, В.М. Збірник нормативних документів з безпеки руху поїздів на магістральному залізничному транспорті України [Текст]: навч. посібник / В.М. Самсонкін, А.Б. Бойнік, О.Й. Соколов, О.О. Удовіков. – Харків: ХФВ: „Транспорт України”, 2002. – 124 с.

22. Самсонкін, В.М. Безпека руху поїздів на залізничному транспорті [Текст]: навч. посібник / В.М. Самсонкін, А.Б. Бойнік, О.Й. Соколов. К.: КУЕТТ, 2004. –170 с.

23. McClellan J.H., A Computer Program for Designing Optimum FIR Linear Phase Digital Filters [Text] / J.H. McClellan, T.W. Parks, L.R. Rabiner // IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics. – Vol. AU-21, No. 6, December. – 1973.

24. Richard J.H. Digital Signal Processing in VLSI [Text] / J.H. Richard. – Prentice-Hall. – 1990. – 538 p.

25. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики[Текст] / Вл. В. Сапожников, В.В. Сапожников, Х.А. Христов, Д.В. Гавзов; под. ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1995. – 342 с.

26. Зорин, В.И. Современные системы обеспечения безопасности железнодорожного транспорта [Текст] / В.И. Зорин // Ж.-д. трансп. – 2000.– № 11. – С. 52 – 53.

27. Компактная АЛС на основе системы ETCS [Электронный ресурс] // Железные дороги мира. – 2006. – № 7. – С. 67-71. – Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2006/zdm-2006-no-07#ТОС--9>. – Загл. с экрана.

28. Швир, В. Надежность электронных схем в устройствах СЦБ [Текст] / В. Швир // Ж.-д. мира. – 1986.–№ 1. – С.59 – 67.

29. CENELEC EN 50126: Railway Application – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). 1998. Применения на железнодорожном транспорте – Спецификация и демонстрация надежности, доступности.

30. CENELEC EN 50126-2: Railway Application – Dependability for Guided Transport Systems/ Part 2: Safety. 1999. Применения на железнодорожном транспорте – Согласованность для управляющих транспортных систем – часть 2. Безопасность.

31. CENELEC EN 50128: Railway Application – Communications, signaling and processing system – Software for Railway Control and Protection Systems. 2000. Применения на железнодорожном транспорте – Программное обеспечение для систем управления и обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте.

32. CENELEC ENC 50129: Применение на железнодорожном транспорте электронных систем, связанных с обеспечением безопасности, предназначенные для сигнализации. 1998.– 87 с.

33. IEC 61508: 1–6. Functional safety of electrical /electronic/ programmable electronic safety – related system. 1998-2000. Функциональная безопасность электрических /электронных/ программируемых электронных систем безопасности.

34. Соболев, Ю.В. Путьевые преобразователи автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта [Текст]: Монография / Ю.В. Соболев. – Харьков: ХФИ “Транспорт Украины”, 1999. – 200 с.

35. Аналіз експлуатаційної роботи галузі автоматики, телемеханіки та зв’язку [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2003-2010 рр.

36. Тильк, И.Г. Перспективы развития систем ИРДП [Текст] / И.Г. Тильк, В.В. Ляной // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – № 8. – С. 7-9.

37. Бойник, А.Б. Перспективные системы интервального регулирования движения поездов на перегонах [Текст] / А.Б. Бойник, Г.В. Коваленко, Р.В. Макаренко // Залізничний транспорт України. – 2001. – № 6. – С. 23-25.
38. Станционные системы автоматики и телемеханики [Текст]: учеб. для вузов ж. д. трансп. / Вл.В. Сапожников, Б.Н. Елкин, И.М. Кокурин и др.; под. ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1997. – 432 с.
39. Довідник основних показників роботи залізниць України (1996-2006 роки) / О.В. Юрченко, Н.В. Гринь, О.В. Курганська [та ін.]; під керівн. Н.В. Котіль. – К., 2007. – 44 с.
40. Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning [Text] // Analog Devices. – 1998. – 216 p.
41. Перегонные системы автоматики [Текст] / В.Ю. Виноградова, В.А. Воронин, Е.А. Казаков [и др.]. – М.: Маршрут, 2005. – 292 с.
42. Воронин, В.А. Системы интервального регулирования [Текст] / В.А. Воронин // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №7. – С. 2-3.
43. Федоров, Н.Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями [Текст] / Н.Е. Федоров. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
44. Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт. В прошлом, настоящем и будущем [Текст] / под ред. В.И. Ковалева. – С.Пб., 2001. – Т. 1. – 320 с.
45. Высокоскоростные железные дороги мира. Железные дороги мира в 21 веке [Текст]: монография / Г.Н. Кирпа, В.В. Корниенко, А.Н. Пшинько [и др.]. – Днепропетровск. – 2004. – С. 123 – 193.
46. Лекута, Г.Ф. Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте [Текст] / Г.Ф. Лекута // Автоматика и связь. – 1987. – С. 21.
47. Лисенков, В.М. Принципы построения и методы технической реализации микропроцессорной системы автоблокировки АБ-Е2 [Текст] / В.М. Лисенков // АТС. – 1998. – № 1. – С.8 – 11.

48. Вековищев, А.В. Сравнительная оценка помехоустойчивости систем АЛС-ЕН и АЛСН [Текст] / А.В. Вековищев // Межвуз. сб. научн. тр. – Москва: МИИТ. – 1988. – № 790. – С. 73 – 76.

49. Pottendorfer, M. First commercial application of ERTMS/ETCS level 1: lessons learned [Text] / M. Pottendorfer, D. Rhein // Alcatel Telecomm. Rev. – 2004. – № 2. – P. 174-180.

50. Системы централизации будущего [Текст] // Железные дороги мира. – 2003. – № 3. – С. 57-65.

51. Koch Bernd. ETCS in Großbritannien [Text] / Bernd. Koch // ETR: Eisenbahntechn. Rdsch. – 2002. – 51, № 7-8. – P. 467-471.

52. Hänni Hanspeter. Die Einführung von ETCS in der Schweiz [Text] / Hanspeter. Hänni // ETR: Eisenbahntechn. Rdsch. – 2003. – 52, № 10. – P. 602-608.

53. ETCS and GSM-R open the way for seamless cross-border rail traffic [Text] // Panorama UIC. – 2004. – № 22. – P. 6-7.

54. Bruhwiler, A. Signal und Draht [Text] / A. Bruhwiler, H. Schluneger. – 2005. № 3, p. 12-16.

55. Emery, D. Enhanced ETCS L2/L3 control system [Text] / D. Emery // Advanced train control systems. – Southampton: WIT Press, 2010. – P. 113-122.

56. Jansen, D.N. The impact of GSM-R on railway capacity [Text] / D.N. Jansen, S.G. Klages, E. Wendler // Advanced train control systems. – Southampton: WIT Press, 2010. – P. 143-153.

57. Васекин, А.И. Спутниковые технологии в управлении перевозочным процессом [Текст] / А.И. Васекин // Автоматика, связь, информатика. – 2001.– № 12. – С. 32 – 33.

58. Попов, П.А. Подсистема евробализов. Техническое описание [Текст] / П.А. Попов, А.С. Ададунов // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 9. – С. 14-15.

59. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей,

повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П.Д. Кулик, В.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Изд. дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.

60. Рельсове коло [Текст]: пат. України на винахід UA 101093. МПК В 61 L 23/00 / Бабаєв М.М., Кошевий С.В., Сотник В.О., Романчук В.Б., Ананьєва О.М., Саяпіна І.О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № а 2011 10949; заявл. 13.09.2011; опубл. 25.02.2013. – Бюл. № 4. – 3 с.

61. Рейкове коло [Текст]: пат. України на корисну модель № 68742 U. МПК В 61 L 23/00. / Бабаєв М.М., Кошевий С.В., Сотник В.О., Романчук В.Б., Ананьєва О.М., Саяпіна І.О.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № и 2011 11106; заявл. 19.09.2011; опубл. 10.04.2012. – Бюл. № 7. – 5 с.

62. Кантор, И.И. Высокоскоростные железнодорожные магистрали: трасса, подвижной состав, магнитный подвес [Текст]: учеб. пособие для вузов д.-ж. трансп. / И.И. Кантор. – М.: Маршрут, 2004. – 51 с.

63. Микропроцессорная техника в управлении транспортными потоками [Текст] / Е.Б. Хилажев и др. – М.: Транспорт, 1987. – 175 с.

64. Модели управления железными дорогами // Железные дороги мира. – 2002. – № 11. – С. 28 – 37.

65. Теег, Г. Системы автоматики и телемеханики на железнодорожных дорогах мира [Текст]: учебн. пособие для вузов ж.-д. транспорта / пер. с англ.; под ред. Г. Теега, С. Власенко. – М.: Интекст, 2010. – 496 с.

66. Фезер, К. Электромагнитная совместимость [Текст] // Железные дороги мира. – 1992. - № 6. – С. 29 – 31.

67. Ван Дер Тол, Я. Оценка влияния помех на работу системы АЛСН // Железные дороги мира. – 1987. – № 6. – С. 30 – 32.

68. Кошевий, С.В. Електромагнітні завади в межах рейкової лінії і їх вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації [Текст] / С.В. Кошевий, М.М. Бабаєв, М.С. Кошевий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4 (72). – С. 13 – 18.

69. Штолл, К. Влияние тягового подвижного состава с тиристорным регулированием на устройства СЦБ и связи [Текст]; пер. с чеш. / К. Штолл, Й. Беечка, Б. Надворник. – М.: Транспорт, 1989. – 199 с.

70. Лисенков В.М. Индуктивная связь с поездами [Текст] / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1976. – 112 с.

71. Кошевий, М.С. Вплив коливань кузова локомотива на взаємну індуктивності між рейками та локомотивними приймальними котушками [Текст] / М.С. Кошевий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 3 (76). – С. 18 – 23.

72. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Електромагнітна сумісність. Вимоги та методи випробовування [Текст]: ДСТУ 4151 – 2003.

73. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність. Вимоги та методи випробовування [Текст]: ДСТУ 4178 – 2003.

74. Сердюк, Т.Н. Электромагнитная совместимость системы тягового электроснабжения с рельсовыми цепями / Т.Н. Сердюк, В.И. Гаврилюк // Залізничний транспорт України. – 2005. – Вип. 3/2. – С. 178 – 180.

75. Володарский, В.А. Возможности повышения качества анализа сбоев АЛСН [Текст] / В.А. Володарський, И.И. Куликов // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 3. – С. 2–4.

76. Лисенков, В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования [Текст] / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1987. – 150 с.

77. Лисенков В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов [Текст]. – М.: ВИНТИ РАН, 1999. – 332 с.

78. Леушин, В.Б. Аналитические исследования помех в каналах АЛС при экстремальных условиях [Текст] / В.Б. Леушин // Совершенствование автоматизации управления движением поездов: межвуз. сб. науч. трудов ин-тов инж. ж.-д. тр-та. – М.: МИИТ, 1981. – Вып. 680. – С. 59-60.

79. Тихонов, В.И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем [Текст] / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

80. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст]: учеб. для вузов / И.С. Гоноровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Советское радио, 1971. – 672 с.

81. Основы теории цепей [Текст] / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

82. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики [Текст]: учебник / Вл.В. Сапожников, И.М. Кокурин, В.А. Коновалов [и др.]; под общ. ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2006. – 248 с.

83. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления [Текст]: учебник / под ред. Н.Д. Егупова. – 2-е изд., стереотипн. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

84. Математична модель каналу передачі числового коду АЛСН [Текст] / Ю.В. Соколов, М.Г. Давиденко, О.М. Ананьєва, В.О. Сотник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 78-88.

85. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / В.И. Сороко, Е.Н. Розенберг. – М.: НПФ «Планета», 2000. – В 2 кн.; Кн.1. – 1008 с.

86. Лінійні електричні кола пристроїв автоматики та зв'язку [Текст]: підручник / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, Г.І. Загарій, Ю.В. Соколов. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 286 с.

87. Каллер, М.Я. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / М.Я. Каллер, Ю.В. Соколов, А.Г. Богданов. – М.: Транспорт, 1987. – 335 с.

88. Бугров, Я.С. Высшая математика. Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного [Текст]: учеб. для вузов / Я.С. Бугров, С.М. Никольский. – 4-е изд. – Ростов: Феникс, 1997. – 512 с.

89. Справочник по специальным функциям [Текст] / М. Абрамовиц, Д. Липман, А. Мак Ниш [и др.]; под. ред. М. Абрамовица и И. Стиган. – М.: Наука, 1979. – 832 с.
90. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
91. Гайдышев, И. Анализ и обработка данных [Текст]: специальный справочник / И. Гайдышев. – С.Пб: Питер, 2001. – 752 с.
92. Волков, Е.А. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / Е.А. Волков, Э.И. Санковский, Д.Ю. Сидорович; под ред. В.А. Кудряшова. – М.: Маршрут, 2005. – 510 с.
93. Миддлтон, Д. Введение в статистическую теорию связи [Текст] / Д. Миддлтон: пер. с англ.; под ред. Б.Р. Левина. – М.: Советское радио, Т. 1, 1961; Т. 2, 1962.
94. Middleton, D. An Introduction to Statistical Communication Theory [Text], Mc. Graw. Hill Book Comp. N.Y., 1960.
95. Middleton, D. Detection and Extraction of Signals in Noise from the point of View of Statistical Decision Theory [Text] / D. Middleton, D. Van Meter. – J. Soc. Ind. Appl. Math. 3 (4), 192 (1955) and 4 (2), 86 (1956).
96. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст]: справочник / В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО Миссия-М, 2006. – 496 с.
97. Радиотехнические системы железнодорожного транспорта [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Ю.В. Ваванов, А.В. Елизаренко, А.А. Танцюра и др. – М.: Транспорт, 1991. – 303 с.
98. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник в 3-х кн / В.И. Сороко, В.М. Кайнов. – М.: НПФ "ПЛАНЕТА", 2003. – Кн. 3. – 1120 с.

99. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] / С.И. Баскаков. – М.: Высш. шк., 2003. – 462 с.
100. Крамер, Г. Математические методы статистики [Текст] / Г.Крамер. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
101. Лисенков, В.М. Индуктивная связь с поездами [Текст] / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1976. – 112 с.
102. Кошевий, М.С. Вплив коливань кузова локомотива на взаємну індуктивності між рейками та локомотивними приймальними котушками [Текст] / М.С. Кошевий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 3 (76). – С. 18 – 23.
103. Инкин, А.И. Электромагнитные поля и параметры электрических машин [Текст] / А.И. Инкин. – Новосибирск: ООО «Изд-во ЮКЭА», 2002. – 464 с.
104. Калантаров, П.Л. Расчет индуктивностей: справочная книга [Текст] / П.Л. Калантаров, Л.А. Цейтлин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 486 с.
105. Бадер, М.П. Электромагнитная совместимость тягового электроснабжения с линиями связи, устройствами железнодорожной автоматики питающими электросетями [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.09; МИИТ / М.П. Бадер.– М., 1999.– 46 с.
106. Прудников, А.П. Интегралы и ряды. Элементарные функции [Текст] / А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричев. – М.: Наука, 1981. – 800 с.
107. Ананьева, О.М. Вплив неоднорідностей рейкової лінії на приймання сигналів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьева, В.О. Сотник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 77-83.
108. Часові характеристики струму шунта та електрорушійної сили локомотивних котушок системи АЛСН [Текст] / О.М. Ананьева, М.Г. Давиденко, В.О. Сотник, М.М. Бабаєв // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127. – С. 56-78.

109. Сотник, В.О. Взаємна індуктивність рейки та приймальної локомотивної котушки [Текст] / В.О. Сотник, М.Г. Давиденко // Зб. наук. праць: тези доп. 74-ї Міжнар. наук.-техн. конф. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129. – С. 202-203.

110. Ананьєва, О.М. Математичні моделі каналу передачі сигналів числових кодів автоматичної локомотивної сигналізації [Текст] / О.М. Ананьєва, М.Г. Давиденко, В.О. Сотник // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте: тез. IV Междунар. науч.-практ. конф. – м. Днепропетровск: ДНУЖТ им. акад. В. Лазаряна, лютий 2011 р. – С. 12.

111. Сотник, В.О. Особливості індуктивного зв'язку рейок та локомотивних котушок системи АЛСН на ділянці стрілкового перевodu [Текст] / В.О. Сотник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 129. – С. 129-144

112. Кошевий, С.В. Дослідження індуктивного каналу автоматичної локомотивної сигналізації при проходженні приймальними котушками зони стрілочних переводів [Текст] / С.В. Кошевий, В.О. Сотник, М.С. Кошевий // Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины: тези доп. 22-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Алушта, 23-25 вересня 2009 р.) // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 4 (Додаток). – С. 58.

113. Сотник, В.О. Особенности индуктивной связи рельсов и локомотивных катушек системы АЛСН на участке стрелочного перевода [Текст] / В.О. Сотник // Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации: тези доп. 26-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Алушта, вересень 2013 р.) // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – № 4 (Додаток). – С. 99.

114. Сотник, В.О. Математичне моделювання каналу передачі кодових сигналів АЛСН на ділянці стрілкового перевodu [Текст] /

В.О. Сотник // Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины: тези доп. 25-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Алушта, вересень 2012 р.) // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – № 4 (Додаток). – С. 113.

115. Ананьєва, О.М. Математична модель вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва, В.О. Сотник, Ю.В. Соколов // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 26. – С. 67-70.

116. Математична модель каналу передачі сигналів числових кодів АЛСН [Текст] / М.М. Бабаєв, О.М. Ананьєва, М.Г. Давиденко, В.О. Сотник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 134. – С. 187-199.

117. Кошевий, С.В. Електромагнітне середовище вздовж ділянки залізниці і його вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації [Текст] / С.В. Кошевий, М.С. Кошевий, М.М. Бабаєв // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4 (72). – С. 13-18.

118. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи [Текст] / Л.А. Бессонов. – М.: Гардарики, 2000. – 638 с.

119. Коваль, Ю.О. Основи теорії кіл [Текст] / Ю.О. Коваль, Л.В. Гринченко, І.О. Милютченко, О.І. Рибін. – Харків: ХНУРЕ; Колепум, 2006. – Ч. 2. – 668 с.

120. Фарлоу, С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров [Текст] / С. Фарлоу. – М.: Мир, 1985. – 384 с.

121. Харкевич, А.А. Основы радиотехники [Текст] / А.А. Харкевич. – М.: Физматлит, 2007. – 512 с.

122. Смирнов, В.И. Курс высшей математики [Текст] / В.И. Смирнов. – М.: Наука, 1974. – Т. 2. – 656 с.

123. Соколов, Ю.В. Теорія електричних і магнітних кіл [Текст]: навч. посібник / Ю.В. Соколов, М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко. – Харків: ХФВ «Транспорт України», 2002. – 262 с.

124. Шимони, К. Теоретическая электротехника [Текст] / К. Шимони. – М.: Мир, 1964. – 774 с.
125. Поливанов, К.М. Теоретические основы электротехники. Ч. 1. Линейные электрические цепи с сосредоточенными постоянными [Текст] / К.М. Поливанов. – М.-Л.: Энергия, 1965. – 360 с.
126. Електротехніка та електромеханіка систем залізничної автоматики [Текст]: підручник / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, Г.І. Загарій [та ін.]. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 608 с.
127. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. В 3 ч. [Текст] / Г.И. Атабеков. – М.: Энергия, 1978. – Ч. 1: Линейные электрические цепи. – 592 с.
128. Ананьєва, О.М. Динамічна модель каналу передачі сигналів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 121. – С. 120-132.
129. Ананьєва, О.М. Математична модель блок-ділянки рейкового кола як формувача струму в перерізі приймання сигналів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва, М.Г. Давиденко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 43-51.
130. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание [Текст] / В.С. Аркатов, Ю.А. Кравцов, В.М. Степенский. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.
131. Линьков, В.И. Методы повышения эффективности интервального регулирования движения поездов на железнодорожном транспорте [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / В.И. Линьков. – М., 2010. – 36 с.
132. Чепцов, М.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів [Текст]: монографія / М.М. Чепцов, А.Б. Бойнік, Д.М. Кузьменко. – Донецьк: “ДонІЗТ”, 2010. – 181 С.
133. Отес, Р. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы [Текст] / Р. Отес, Л. Эноксон. – М.: Мир, – 1982. – 428 с.

134. Бойник, А.Б. Корреляционный прием и дешифрация кода АЛСН по спектральному признаку / А.Б. Бойник, М.Н. Чепцов, А.М. Трунаев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 2. – С. 64-68.

135. Сапожников, В.В. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: учеб. для вузов / В.В. Сапожников, Ю.А. Кравцов, Вл.В. Сапожников; под ред. В.В. Сапожникова. – М.: Транспорт, – 1995. – 320 с.

136. Бендат, Дж. Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных [Текст] / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

137. Бабаєв М.М., Електромагнітна обстановка в межах залізничної колії і її вплив на роботу сигнального авторегулювання при організації швидкісного руху [Текст] / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, М.С. Кошевий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 4 (Додаток). – С. 11. Матеріали 21-ї міжнародної науково-практичної конференції “Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины”, м. Алушта, 23 – 25 вересня 2008 р.

138. Сотник, В.О. Аналіз кореляційних залежностей для синтезу приймача кодів АЛСН [Текст] / В.О. Сотник, М.М. Бабаєв, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – Вип. 34. – С. 49-56.

139. Сотник, В.О. Нейромережева модель розпізнавання тривалості імпульсів та інтервалів кодів АЛСН [Текст] / В.О. Сотник, М.М. Бабаєв, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – Вип. 36. – С. 67-78.

140. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: учеб. для вузов / Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров, Г.Ф. Лекута и др.; под. ред. Ю.А. Кравцова. – М.: Транспорт, – 1996. – 400 с.

141. Комп'ютерна програма “Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення

помилки” (“Model of Dynamic Neural Network”) [Текст]: авт. свідоцтво № 39465, зареєстр. 03.08.2011, МОН України, Державний департамент інтелектуальної власності / М.М. Чепцов, В.С. Блиндюк, Д.М. Кузьменко, О.О. Германенко. – Заявл. 23.05.2011 № 39639.

142. Сотник, В.О. Нейромережеве моделювання функцій дешифрування кодів АЛСН [Текст] / В.О. Сотник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 2. – С. 66-78.

143. Сотник, В.О. Синтез дешифратора числових кодів АЛСН [Текст] / В.О. Сотник // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте: тези доп. 27-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, вересень 2014 р.) // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 4 (Додаток). – С. 57.

144. Рабаи, Ж.М. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования [Текст] / Ж.М. Рабаи, А. Чандракасан, Б. Николич. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – 912 с.

145. Зернов, Н.В. Теория радиотехнических цепей [Текст] / Н.В. Зернов, В.Г. Карпов. – Л.: Энергия, 1972. – 816 с.

146. Балака, Є.І. Основи економічного і соціального прогнозування [Текст]: навч. посібник / Є.І. Балака, Л.А. Балака, М.І. Главчев, О.І. Зоріна, І.М. Писаревський. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 78 с.