

УКРАЇНЬСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

На правах рукопису

Волошин Дмитро Ігорович

УДК 629.4.027.115

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ
ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник –
Головко Владислав Федорович,
доктор технічних наук,
професор

Харків - 2006

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 Аналіз надійності буксових вузлів вантажних вагонів.....	9
1.1. Аналіз теоретичних та технічних розробок по підвищенню надійності буксових вузлів вантажних вагонів.....	9
1.2. Аналіз існуючих методів визначення надійності складних технічних систем.....	20
1.2.1. Аналітико-статистичні методи аналізу надійності складних систем.....	22
1.2.2. Методи аналізу ризику.....	29
1.3. Вибір та обґрунтування мети дослідження.....	35
1.4. Висновки.....	36
РОЗДІЛ 2 Розробка моделі оцінювання показників надійності буксових вузлів вантажних вагонів....	38
2.1. Принципи побудови графоаналітичної моделі дослідження надійності буксових вузлів.....	38
2.2. Розробка математичної моделі відмов буксового вузла.....	47
2.3. Висновки.....	76
РОЗДІЛ 3 Методика експлуатаційного дослідження технічного стану буксових вузлів з роликівими підшипниками	78
3.1. Аналіз статистичних даних по відмовам буксових вузлів.....	78
3.2. Оцінка фактичних показників надійності елементів буксових вузлів вагонів та перевірка адекватності розробленої моделі відмов.....	92
3.3. Висновки.....	103

РОЗДІЛ 4 Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів.....	105
4.1. Теоретичні передумови до розрахунку системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вагонів.....	105
4.2. Особливості існуючої системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів.....	112
4.3. Корегування системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів.....	115
4.4. Оцінка техніко-економічної ефективності від корегування системи технічного обслуговування та ремонту.....	124
4.5. Висновки.....	131
Висновки.....	133
Список використаних джерел.....	136
Додатки.....	147

ВСТУП

Сучасний стан рухомого складу залізниць України потребує вирішення комплексу наукових та практичних задач його відновлення, утримання та ремонту. Напружена економічна ситуація, яка пов'язана з неможливістю належного фінансування галузі вагонного господарства, не дозволяє в повній мірі поповнювати парк вантажних та пасажирських вагонів. Це викликає необхідність подовження їх строку експлуатації і вимагає розробки науково-обґрунтованих рекомендацій, що повинні забезпечити на належному рівні їх надійність. Особливо це стосується буксових вузлів вантажних вагонів, показники надійності яких в експлуатації часто взагалі виходять за рамки своїх граничних значень.

Актуальність теми дисертації зумовлена необхідністю вирішення наукового завдання підвищення надійності буксових вузлів вантажних вагонів за рахунок удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту. Буксовий вузол вагону має свої конструктивні та експлуатаційні особливості, які у першу чергу пов'язані з безпекою руху і його нормальна робота багато в чому залежить від технічного стану. Проведеними випробуваннями з метою з'ясування фактичного рівня надійності буксового вузла вагонів було виявлено, що в значній кількості буксових вузлів має місце зниження експлуатаційної надійності від проектної. Тому наукова задача удосконалення, розробки і впровадження нових технологій діагностики на підставі доопрацювання статистичних і інструментальних методів контролю технічного стану буксових вузлів вагонів має актуальне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно діючих Державних програм і концепцій: «Реформування транспортного комплексу України»; «Реструктуризації на залізничному транспорті України» (від 1998р.); «Розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на 2000-2004р.», затвердженої Кабінетом Міністрів України від 30.12.2000р.; Програми підвищення безпеки руху на

залізницях України в 1997-2001 р. (затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 22.04.97 р. №367), Постанови Кабінету Міністрів України №821 від 04.08.97 р. Про затвердження Концепції створення та функціонування національної мережі транспортних коридорів в Україні, а також до науково-дослідницької роботи за темою 10/1 від 01.03.2002 г. (держ. реєстрація 0103U001713).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є покращення технічного стану вагонів шляхом удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту і підвищення надійності їх буксових вузлів.

Виходячи з цього в дисертації поставлені наступні задачі:

- провести аналіз існуючих технічних рішень і заходів стосовно підвищення експлуатаційної надійності буксових вузлів вантажних вагонів та методів аналізу надійності складних технічних систем;

- виконати аналіз експлуатаційної надійності буксових вузлів вагонів з метою визначення фактичної надійності на розрахунковий період часу;

- формалізувати задачу визначення показників безвідмовної роботи буксових вузлів і одержання найбільш достовірної інформації про фізичні процеси, що протікають у буксовому вузлі в процесі експлуатації;

- доопрацювати існуючу систему технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів і запропонувати наукові заходи, що здатні збільшити її ефективність;

- виконати загальне корегування параметрів системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів з науковим обґрунтуванням її ефективності;

- визначити техніко-економічну ефективність впровадження нових заходів щодо удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів на основі корегування періодичності проведення ремонту та технічної діагностики.

Об'єкт дослідження - це процес корегування системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів.

Предметом дослідження є буксовий вузол вантажних вагонів.

Методи дослідження. Вирішення наукової задачі виконано на основі системного підходу, з використанням методів технічної діагностики, теорії ймовірностей, теорії алгебри логіки, математичної статистики, теорії подібності та моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішена наукова задача підвищення надійності буксових вузлів вантажних вагонів, яка полягає у наступному:

Вперше:

- формалізовано метод для визначення параметрів безвідмовної роботи буксових вузлів на основі структурної математичної моделі з елементами логіки;
- досліджено особливості причинно-наслідкового механізму розвитку відмов в буксовому вузлі на основі графоаналітичного підходу;
- виконана оцінка надійності буксових вузлів вантажних вагонів з визначенням нових факторів, які впливають на їх знос за весь життєвий цикл.

Доопрацьовано:

- методи визначення показників безвідмовної роботи роликів підшипників буксового вузла на підставі розробленої математичної моделі;
- запропоновані наукові підходи щодо удосконалення системи технічного обслуговування буксових вузлів вантажних вагонів за рахунок корегування періодичності проведення ремонту та методу віброакустичної діагностики буксових вузлів, за рахунок застосування двохосьового датчика вібрації.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонована модель відмов з елементами структурної логіки дає можливість отримати показники надійності для будь-якого типу буксових вузлів вагонів. Що дозволяє на основі отриманих даних визначити ті експлуатаційні фактори, що безпосередньо впливають на надійність буксових вузлів в цілому.

Розроблена модель дозволила проаналізувати існуючу систему технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів та удосконалити її за рахунок зміни періодичності проведення технічного обслуговування та ремонту і впровадження прогресивних методів технічного діагностування вантажних вагонів.

Отримані положення рекомендовані до впровадження у навчальний процес УкрДАЗТ при вивченні дисциплін „Основи надійності вагонів”, „Технологія вагонобудування та ремонту вагонів”, у дипломному проектуванні, при виконанні науково-дослідних робіт студентів, на ІПК УкрДАЗТ при підготовці магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, що наведені у додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, які виносяться на захист, були отримані автором самостійно. В роботах, що опубліковані у співавторстві, дисертанту належить: проведення аналізу існуючих способів аналізу надійності буксових вузлів з роликівими підшипниками з точки зору впливу на експлуатаційні властивості ходових частин та підвищення їх ресурсу [27]; визначені найбільш уразливі місця роликівих підшипників, які визначають виникнення аварійного стану буксового вузла [24, 28]; розроблена математична модель „дерева відмов” для визначення якісних та кількісних показників надійності буксового вузла та отримані вихідні дані для розрахунку оптимальних термінів проведення планового ремонту буксових вузлів вантажних вагонів [23, 26].

Апробація результатів дисертації. Основні ідеї, положення та результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наступних конференціях: на 63-й міжнародній конференції кафедр академії і фахівців залізничного транспорту і підприємств «Транспортні коридори – стратегія і тактика розвитку», 2001 р. (м. Харків); на науково-технічних конференціях кафедр академії і фахівців залізничного транспорту, УкрДАЗТ у 2000, 2002 та 2005 рр.; XXXII науково-технічної конференції Харківської національної

академії міського господарства, 2004 р.; другої науково-практичної конференції КУЕТТ „Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління”, 2004 р. (м. Київ); на другому міжнародному науково-технічному семінарі „Сучасні методи збирання в машинобудуванні та приладобудуванні”, 2002 р., (м. Свалява, Карпати).

Повністю дисертаційна робота доповідалася на розширеному засіданні кафедри „Вагони” УкрДАЗТ в 2005 році.

Публікації. Основні результати дисертаційних досліджень опубліковано у п'яти наукових працях у виданнях, затверджених ВАК України. Додатково результати дисертаційної роботи представлено у матеріалах доповідей конференцій УкрДАЗТ та на міжнародних конференціях.

ВИСНОВКИ

В дисертації вирішено актуальне наукове завдання, яке полягає в обґрунтуванні і розробці рекомендацій, спрямованих на удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів. Підсумовуючи результати виконаного дослідження можна затвердити, що поставлена мета вирішена – одержані позитивні результати випробувань нових технологій на підставі розробки наукової задачі підвищення надійності буксових вузлів вантажних вагонів.

Результати проведених теоретичних досліджень та їх експериментальна перевірка дозволяють зробити наступні висновки:

1. Виходячи з аналізу вітчизняного та закордонного досвіду розробок, спрямованих на удосконалення конструкції букс вантажних вагонів та поліпшення їх експлуатаційних характеристик, за результатами проведеного дослідження визначені практичні шляхи удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів на основі розробки логічної моделі відмов та визначення на її основі необхідних експлуатаційних параметрів.

2. Виконаний аналіз надійності і запропоновано застосування моделі "дерева відмов", яка дає змогу наочно оцінити основні характеристики буксових вузлів на розрахунковий період часу і отримати інформацію стосовно шляхів розвитку відмов в роликівих підшипниках.

3. Проведений статистичний аналіз по відмовам роликівих підшипників дозволив визначити найбільш часто виникаючі в них пошкодження і отримати функцію розподілу відмов з визначенням основних показників їх безвідмовної роботи. Відмови підкоряються розподілу Вейбула-Гніденка з параметром масштабу $a = 15,87$, та параметром форми $b = 1,86$. На основі отриманих даних зроблено висновок, що фактичний наробіток до відмови роликівих підшипників складає близько трьох –

чотирьох років на відміну від величин, що вказані в нормах проектування вантажних вагонів (1,5 млн. км. пробігу або 16 років).

4. Шляхом доопрацювання існуючого методу „дерева відмов” запропоновано математичну модель на основі апарату булевої алгебри, яка дозволяє отримати структурну функцію станів буксових вузлів вантажних вагонів в процесі експлуатації та визначити показники безвідмовної роботи букс. Розрахунок імовірності безвідмовної роботи згідно розробленої моделі підтвердив отримані статистичні дані по відмовам буксових вузлів та незадовільний наробіток до відмови.

5. Розроблена графічна інтерпретація причинно-наслідкового механізму виникнення та розвитку відмов в буксових вузлах вантажних вагонів дозволила виділити визначальні фактори експлуатаційного та не експлуатаційного характеру, що впливають на надійність букс. За допомогою експертного оцінювання визначено що найбільш небезпечними в експлуатації є завеликі осьові сили які діють на буксу в процесі руху вагона.

6. Проаналізовані основні організаційні принципи існуючої системи технічного обслуговування та ремонту буксових вузлів вантажних вагонів і зроблено висновок, що вона не зовсім відповідає сучасним вимогам по забезпеченню надійної роботи букс вагонів. І потребує подальшого удосконалення технологічних процесів, термінів їх проведення, а також широкого впровадження у ній інструментальних методів контролю та діагностування.

7. Розрахована верхня оцінка надійної роботи роликів буксових вузлів, яка склала близько 2-х років експлуатації. На основі отриманих даних запропоновано при кожному деповському ремонті замість проміжної ревізії букс проводити повну ревізію, в результаті чого прогнозується зменшення кількості відчеплень вантажних вагонів по технічним несправностям букс на 30%.

8. Запропоновані заходи дозволяють отримати економічний ефект від зниження відчеплень вантажних вагонів по технічним несправностям буксових вузлів близько 200 тисяч гривень на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абашкин В.В. Результаты контрольных испытаний работоспособности роликовых подшипников в буксах с упругими элементами //Сб.науч.тр./ ВНИИЖТ. – 1978. –Вып.583: Повышение надежности и долговечности роликовых подшипников в буксах вагонов.
2. Абашкин В.В., Девятков В.Ф., Лосев А.В., Павлов И.В. Изыскание надежной конструкции сепараторов цилиндрических роликовых подшипников. – Тр. ВНИИЖТ, 1961, Вып. 222, с. 85-99.
3. Аварии и инциденты на атомных электростанциях. Учебное пособие по курсам "Атомная электростанция", "Надежность и безопасность АЭС". Под ред. Соловьева С. П. - Обнинск: ИАЭ,1992. - 299с.
4. Александровская Л.Н., Афанасьев А.П., Лисов А.А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем: Учебник. – М.: Логос, 2003. – 208 с.
5. Андриевский В.Г. Влияние перекосов колец на работу роликоподшипников. РЖ. ВИНТИ «Железнодорожный транспорт», 1985, №3, реф. ЗБ10-85.
6. Андриевский В.Г. Пластмассовые и металлопластмассовые сепараторы подшипников качения. М.: НИИНАвтопром, 1978, 96 с.
7. Андриевский В.Г., Яхин Б.Л., Гайдамака А.В. Влияние перекоса роликов на износ сепаратора роликоподшипника 42726. / Вестн. Машиностроения. – 1987. -№1. – с. 32-34.
8. Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. Математические методы в теории надежности. Главная редакция физико-математической литературы. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
9. Бельский А.А., Липкина З.С. Математическая логика и теория графов. – М.: МИИТ, 1974.
10. Бенешевич В.В. К вопросу надежности торцевого крепления роликовых подшипников буксового узла вагона //Сб. науч. тр./ ВЗИИТ.

- 1984. – Вып. 122: Повышение надежности и эффективности эксплуатации и ремонта вагонов. – с. 52-56.
- 11.Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.
- 12.Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики – М.: Наука, 1968. – 473 с.
- 13.Борзилов И.Д., Гайдамака А.В., Федорец Е.В. О возможности повышения эксплуатационной надежности торцового крепления букс с роликовыми подшипниками //Межвуз. сб. науч. тр./ РИИЖТ. – 1982. – вып 167: Повышение надежности и долговечности подшипников качения букс подвижного состава. – с. 66-69.
- 14.Борзилов И.Д., Галий В.З., Алексеев Ю.А. Распределение нагрузки по виткам резьбовых соединений осевого крепления букс вагонов //Межвуз. сб. науч. тр/ ХИИТ. – 1987. – Вып. 3: Повышение эффективности использования конструкционных материалов и вопросы расчета инженерных конструкций на железнодорожном транспорте. – с. 15-17.
- 15.Борзилов І.Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: Підручник для вищих навчальних закладів. В 3-х томах. Т.1. – Харків: РВВ УкрДАЗТ, 2003. – 246 с.
- 16.Борзилов І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики (Частина 1): Навчальний посібник. – Харків, УкрДАЗТ, 2003 . – 91 с.
- 17.Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования.-Рига: Зинатне, 1990.-184 с.
- 18.Вагонное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / П.А. Устич, И.И. Хаба, В.А. Ивашов и др.; Под ред. П.А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.

- 19.Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. Трансп./Л.А. Шадур, И.И. Челноков, Л.И. Никольский и др.; Под ред. Л.А. Шадура. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1980.
- 20.Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 384 с.
- 21.Войнов К.В. Надежность вагонов. – М. Транспорт, 1989. – 110 с.
- 22.Волков Н.М., Родзевич Н.В. Подшипники качения колесных пар вагонов и локомотивов. М.: Машиностроение, 1972. 168 с.
- 23.Волошин Д.І. Використання методу «дерева відмов» при аналізі надійності буксових вузлів вагонів. // Научн.-техн. сб. – Харьков: ХГАГХ, 2002. - Вып. 43. - С 256-261.
- 24.Гайдамака А.В., Волошин Д.І. Проблеми надійності роликів підшипників зі склополіамідними сепараторами. Зб. наук. пр. – Харків: ХарДАЗТ, 2004. - Вип. 58. - С. 71-75.
- 25.Глотов В.А., Павельев В.В. Экспертные методы определения весовых коэффициентов. – автоматика и телемеханика, 1976, №12, с. 95-107.
- 26.Головко В.Ф., Волошин Д.І. Розрахунок імовірності безвідмовної роботи буксових вузлів за допомогою моделі відмов. . Зб. наук. пр. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. - Вип. 57. – С. 5-9.
- 27.Головко В.Ф., Мартинов І.Е., Волошин Д.І. Аналіз надійності буксових вузлів рухомого складу з роликівими підшипниками. // Зб. наук. пр. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – Вип. 47. – С. 55-60.
- 28.Головко В.Ф., Мартинов І.Е., Волошин Д.І. До питання оцінки надійності буксових вузлів з роликівими підшипниками. Зб. наук. пр. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. - Вип. 54. - С. 16-20.
- 29.Госселин С., Гор Б. Оптимизация порядка проведения контроля трубопроводов и оборудования на основании концепции риска. Передача методики контроля на АЭС Украины.-1999.- 87 с.

- 30.ГОСТ 18322-78 (СТ СЭВ 5151-85). Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Переизд. май 1991 с изм. 1.2 взамен ГОСТ 18322-73.
- 31.ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Введен 01.07.90 г.
- 32.ГОСТ 27.005-97 Надежность в технике. Модели отказов. Основные положения. Введен 5.12.1997 г.
- 33.ГОСТ 27.410-87 Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. Введен 01.01.89 г.
- 34.ГОСТ 28.001-83. Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения. Введен 01.01.84.- М.: 1983. – 2 с.
- 35.Гук Ю.Б. Метод Монте-Карло при анализе надежности электроэнергетических установок. «Известия АН СССР», ОТН, Энергетика и транспорт № 4, 1963.
- 36.Гук Ю.Б., Троясов В.А. Использование «дерева отказов» для параметрической оценки надежности ответственных систем АЭС. Сборник «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики». Выпуск 12.2.1, Иркутск, 1976.
- 37.Д.Н. Гарпунов. Триботехника. М.:Машиностроение, 1989.
- 38.Девятков В.Ф., Цюренко В.Н. Некоторые причины разрушений цилиндрических роликовых подшипников в буксах вагонов //Сб. науч. тр./ ВНИИЖТ. – 1970. – Вып. 405: Работа вагонных букс с роликовыми подшипниками при высокоскоростном движении. – с. 59-67.
- 39.Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
- 40.Донченко А.В., Мартинов І.Е., Ильчишин В.В., Холод Ю.О., Труфанова А.В. Оцінювання ходових якостей вагонів з дослідними роликопідшипниками. Збірник наукових праць, УкрДАЗТ, Вип. №57, 2004, стор. 14-20.

- 41.ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Введено в дію 28.12.1994 р.
- 42.Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий / Под. ред. проф. М.О. Якобсона. М., Машиностроение.1969, 479 с.
- 43.Заславский В.А., Каденко И.Н. Роль и место методов неразрушающего контроля для обеспечения надежности и долговечности сложных систем с высокой ценой отказа// Информационно рекламный бюллетень "Неразрушающий контроль". 1999.-№1.-С. 15-22.
- 44.И.В. Крагельский. Трение и износ. - М.: Машиностроение, 1968.
- 45.Инструктивные указания по эксплуатации и ремонту вагонных букс с роликовыми подшипниками. 3-ЦВРК. – М.: Транспорт, 1976.
- 46.Иосилевич Г.Б. Детали машин: Учебник для машиностроит. спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
- 47.Исследование буксовых узлов грузовых и пассажирских вагонов и разработка рекомендаций по повышению их надежности. Отчет 81.85.1.073/3а, ВНИИВ, М.: 1983.
- 48.Інструкція з експлуатації та ремонту вагонних букс з роликовими підшипниками. ЦВ-ЦЛ-0058. – Укрзалізниця, 2004 р.
- 49.К. Райншке, И.А. Ушаков. Оценка надежности систем с использованием графов. Под ред. проф. И.А. Ушакова. – М.: «Радио и связь», 1988.
- 50.Кабанов Л.П., Бояджиев А., Вамош Г. Метод «дерева отказов» в исследовании надежности систем АЭС. Сборник трудов МЭИ. Вып. №257, 1975.
- 51.Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Наука, 1980.
- 52.Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981.

- 53.Классификация и каталог дефектов и повреждений подшипников качения. – М.: Транспорт, 1976.
- 54.Княжин В.И., Алексеев А.А., Егорочкин А.П., Януш Б.В. Динамические испытания ТРК привода подвагонного генератора. Тр. ЛИИЖТ, 1973, вып. 363. С. 60-71.
- 55.Ковалев Е.А., Квасов В.И. Эксплуатационная долговечность подшипников букс вагонов и локомотивов // Межвуз. тематич. сб./РИИЖТ. – 1982. – Вып. 167. – с. 18-13.
- 56.Коваленко И.Н. Анализ систем и методы исследования операций в теории надежности. 1975 г, 104 с.
- 57.Коваленко И.Н. Асимптотический метод оценки надежности сложных систем. В сб. «О надежности сложных технических систем». Изд-во «Советское радио», 1966.
- 58.Коваленко И.Н. Исследование по анализу надежности сложных систем. 1975.
- 59.Корпус роликовых букс грузовых вагонов из алюминиевых сплавов /Н.А. Буше, В.В. Копытько, В.Н. Цюренко и др.//Сб. науч. тр./ВНИИЖТ. – 1982. – Вып 654: Пути совершенствования буксовых узлов вагонов с подшипниками качения.
- 60.Костеева Т.Н. Работоспособность подшипников в буксах грузовых вагонов с нагрузкой от оси на рельсы 250 кН // Сб. науч. тр./ ВНИИЖТ. – 1982. – Вып. 654: Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения.
- 61.Кравец В.А. Метод «дерева отказов» в анализе безопасности систем нефтяной и газовой промышленности. – М.: Информнефтегазстрой. - 1980, 39 с.
- 62.Ларичев О.И. Человеко-машинные процедуры принятия решений (обзор). – Автоматика и телемеханика, 1971, №12, с. 130-142.

63. Лосев А.В. Изменение конструкции роликовых подшипников для скоростного движения. – Железнодорожный транспорт. 1974, №12, с. 47-49.
64. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский АЛ, Соколов В.В. Теория выбора и принятия решений. -М.: Наука, 1982.-328 с.
65. Макгру, Краунир, Мойар. Надежность железнодорожных роликоподшипников // Тр. Амер. об-ва инж.-мех. Серия F, №1. – Русский пер. М.: Мир, 1977. – с. 31-43.
66. Мартынов И.Э. Повышение уровня эксплуатационной надежности буксовых улов железнодорожного подвижного состава: Дисс... канд. техн. наук: 05.22.07/ МИИТ: - М.. 1990. 316 с.
67. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем.- М.: Наука, 1982.-286С.
68. Миц В.И., Грих Р.С., Галушко А.А., Гуйко И.Г. Графоаналитический метод определения причин несчастного случая. «Безопасность труда в промышленности», №5, 1977.
69. Модели и алгоритмы оптимизации надежности сложных систем/В.Л.Волкович, А.Ф. Волошин, В.А. Заславский, И.А. Ушаков/ Под ред. В.С.Михалевича.-К.: Наукова думка, 1992.-312 с.
70. Н.А. Буше. Трение, износ и усталость в машинах. Транспортная техника. М.: Транспорт, 1987.
71. Надежность машин: Учебн. пособие для машиностр. спец. вузов /Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев; Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.
72. Надежность технических систем. Справочник. Под ред. проф. И.А. Ушакова. –М.: «Радио и связь», 1985.
73. Новиков В.Ф. Исследование распределения осевой нагрузки между телами качения цилиндрического роликоподшипника. – Тр. РИИЖТ, 1977, Вып. 140, с. 48-56.

74. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) и изменения и дополнения / МПС РФ. – М., 1996. – 356 с.
75. Обобщение опыта эксплуатации и исследований в области железнодорожных подшипников качения для корректировки ТУ. Отчет И546-ЦВ-82, р.5, ВНИИЖТ, М., 1982.
76. Основные вопросы теории и практики надежности. Сб. трудов семинара секции надежности научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» при президиуме АН СССР. 1971 И.А. Рябинин.
77. Остап О.П., Учанін В.М., Андрейко І.М., Маковійчук І.Р. Технічна діагностика і ресурс конструкцій після довготривалої експлуатації // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. - Київ - Львів: Центр "Леотест - Медіум". -1999.-С.3-8.
78. Оценка экономической эффективности инвестиций в мероприятия научно-технического прогресса: Учебно-методическое пособие / Е.И. Балака, И.Г. Бойко, В.Л. Дикань, Д.И. Ковалев; Под ред. В.Л. Диканя. – Харьков, Основа, 1995. – 76 с.
79. Перель Л.Я. Подшипники качения: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.
80. Перов С.В. Совершенствование конструкции вагонных букс с подшипниками качения: Дисс. канд. техн. наук: 05.22.07/ МИИТ. – М., 1988. – 316 с.
81. Подшивалов Ю.С., Цюренко В.Н. Причины неисправностей роликовых подшипников. – Железнодорожный транспорт, 1975, №9, с. 27-28.
82. Поляков А.И. Анализ характера повреждений и износа беззаклепочных сепараторов. – Тр. ВНИИЖТ, 1978, Вып. 583, с. 68-78.
83. Поляков А.И., Девятков В.Ф. Результаты испытаний подшипников повышенной прочности и долговечности из стали ШХ-4. – Тр. ВНИИЖТ, 1982, вып. 654, с. 31-37.

84. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций. ПБЯ РУ АС-89//Атомная энергия.-1990.-Т.69, вып.б.- С.409-422.
85. Прилепов Н.Н., Петров В.А. Что показал анализ отказов подшипников качения. – Железнодорожный транспорт, 1976, №4, с. 55-57.
86. Проектирование надежных спутников связи / Афанасьев В.Г., Верхотуров В.И., Заславский В.А. и др./ под редакцией академика М.Ф.Решетнева.-Томск: МГП "РАСКО", 1993.- 221 с.
87. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978.
88. Протасова Р.Н., Небера О.В., Анашкина И.А. Опыт эксплуатации металлопластмассовых сепараторов роликовых подшипников буксовых узлов вагонов. – Тр. ВНИИЖТ, 1982, вып. 654, с.60-63.
89. Прохопович В.Е., Петров Г.Д. НК как инструмент для реализации ресурсосберегающих технологий // В мире неразрушающего контроля. -1999. - № 4. - С. 10 -13.
90. Пути повышения надежности торцового крепления буксовых подшипников //Поляков А.И., Цюренко В.Н., Донских В.И. и др./ Сб. науч. тр./ ВНИИЖТ. – 1982. Вып 654: Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения. – с. 70-82.
91. Рябинин И.А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем. Изд-во «Судостроение», 1971.
92. Рябинин И.А. Теория и информационная технология моделирования безопасности сложных систем /Сб. научн. Тр./ Вып 4, 1994 83 с.
93. Рябинин И.А., Рубинович В.Д. О влиянии типа законов распределения времени исправной работы и времени восстановления на характеристики надежности резервированной системы. В сб. «Теория надежности и массовое обслуживание». Изд-во «Наука», 1969.
94. Рябинин И.А., Черкесов Г.И. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем, 1981 –246 с.

- 95.Самойлов О.Б., Усынин Г.Б., Бахметьев А.М. Безопасность ядерных энергетических установок.-М.: Энергоатомиздаг, 1989-280 с.
- 96.Сенецкий С.А., Шишинок Н.А. Оценка надежности методами статистического моделирования. В сб. «О надежности сложных судовых систем». Изд-во «Советское радио», 1966.
- 97.Справочник по специальным функциям. Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. – М.: Наука, 1979. – 832 с.
- 98.Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др.; Под общ. ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
- 99.Фишбейн Ф.И. Методы оценки надежности по результатам испытаний. – М: Знание, 1973.
100. Цюренко В.Н. О деформации роликовых подшипников в осевом направлении // Сб. науч. тр./ ВНИИЖТ. – 1970. Вып. 405: Работа вагонных букс с роликовыми подшипниками при высокоскоростном движении.
101. Цюренко В.Н., Краков П.С. Методика экспериментальных исследований кинематики и температурного режима работы подшипников качения в буксах вагонов. – Тр. ВНИИЖТ, 1978, Вып. 583, с. 90-97.
102. Цюренко В.Н., Петров В.А. Надежность подшипников в буксах вагонов. – М. – Транспорт, 1982. – 96 с.
103. Цюренко В.Н., Цуркан И.Г., Мирза А.Н. Особенности работы крупногабаритных цилиндрических роликоподшипников под действием осевых сил. – Вестник машиностроения, 1974, №11, с. 52-55.
104. Шавшишвили А.Д. Исследование работоспособности подшипников качения букс вагонов, предназначенных для эксплуатации со скоростями движения до 200 км/ч. Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. М.: ВНИИЖТ, 1981, 25 с.

105. Шаронин В.С. Буксовый узел с подшипниками качения для пассажирских вагонов высокоскоростных поездов. – Тр. ВНИИЖТ, 1970, вып. 405, с. 10-45.
106. Шевченко В.В., Борзилов И.Д., Кулик Л.М. Исследование по улучшению конструкции торцового крепления // Вопросы улучшения ходовых частей и обслуживания вагонов: Межвуз. сб. науч. тр./ ДИИТ. – Днепропетровск, 1987. – с. 20-24.
107. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности, «Советское радио», 1962.
108. Э. Дж. Хенли., Х. Кумамото. Надежность технических систем и оценка риска. Под ред. д-ра. Техн. наук В.С. Сыромятникова – М.: “Машиностроение”, 1984. – 528 с.
109. Bickel J., Moieni P. Probabilistic Risk Assessment. PRA1-Concepts and Principles. -1996
110. Bush S. A review of Nuclear Piping Failures at their use in Establishing the reliability of Piping Systems // Service Experience in Fossil and Nuclear Power Plants. ASME 1999. - PVP - Vol. 392.-P. 137-155.
111. Crosetty P.A. Computer Programm for Fault Tree Analysis DUN-5508.
112. Everline C. Probabilistic Risk Assessment Examples from the South Ukraine NPP In-Depth Safety Assessment. -1998.
113. Gosselin S., Fleming K. Evaluation of Pipe Failure Potential via Degradation Mechanism Assessment // Proceedings of ICON 5: 5th International Conference on Nuclear Engineering. Poster 2641-1997.
114. Kadenko I., Zaslavskii V., Sakhno N. Application of the complex NDT approach for inspection of NPP power system // Proceedings of International Symposium on Nondestructive Testing Contribution to the Infrastructure Safety Systems in the 21 -st Century.-Torres, RS, 22-26 November-Brazil. 1999.- 4 p.