**Скалозуб Владислав Васильович. Ресурсозберiгаючi методи управлiння тягою поїздiв i удосконалення конструкцiй рухомого складу : Дис... д-ра наук: 05.22.07 - 2003.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Скалозуб В.В. Ресурсозберігаючі методи управління тягою поїздів і удосконалення конструкцій рухомого складу. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за фахом 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2003.  Дисертація присвячена проблемі підвищення ефективності процесу перевезень шляхом розвитку ресурсозберігаючих методів управління тягою поїздів з урахуванням умов неповної інформації і методів удосконалення конструкцій рухомого складу при векторному показнику ефективності. В роботі створено математичні моделі, методи і отримано нові рішення комплексної проблеми розрахунку режимів тяги поїздів, оптимальних по вартісним показникам за умов перемінних тарифів (диференційовані тарифи, оптовий ринок електроенергії). Розроблено удосконалені методи оптимального проектування конструкцій рухомого складу (система підвішування електровозу, трьохшаровий захист днища цистерн, рами) та розрахунку режимів тяги поїздів при векторі показників ресурсів, методи оптимізації для ієрархічних показників цілі, розрахунково-експериментальні екстраполяційні методи проектування та структурного математичного моделювання за даними пасивних експериментів, що дозволило отримати нові більш ефективні рішення задач оптимального управління тягою поїздів і проектування конструкцій рухомого складу.  Розроблені моделі, методи і програмне забезпечення в сукупності складають наукові основи, призначені для розв’язання комплексних задач оптимального проектування конструкцій рухомого складу і управління стохастичними процесами тяги поїздів по вектору показників ресурсів систем залізничного транспорту. | |
| |  | | --- | | В дисертації розв’язано актуальну проблему ефективного використання вектору ресурсів систем перевезень залізниць. Отримані нові рішення комплексної проблеми розрахунку режимів тяги поїздів, оптимальних по вартісним показникам за умов перемінних тарифів оплати електроенергії. Розроблені в дисертації удосконалені методи оптимального проектування конструкцій рухомого складу та розрахунку режимів тяги поїздів при векторі цільових показників ресурсів, методи векторної оптимізації в ієрархічних системах, розрахунково-експериментальні екстраполяційні методи проектування та математичного моделювання за даними спостережень дозволили отримати нові більш повні рішення, що адекватні складним умовам реалізації досліджуваних процесів. Вони можуть бути використані для ефективного вирішення задач проектування конструкцій рухомого складу і управління стохастичними технологічними процесами залізниць по вектору ресурсів систем. Основні наукові результати, висновки і рекомендації дисертації полягають у наступному.  1. Установлено потребу подальшого розвитку комплексних задач оптимальної організації процесу перевезень, удосконалення режимів тяги і конструкцій рухомого складу, створено наукові основи по рішенню стохастичних задач управління тягою і проектування конструкцій рухомого складу при векторі показників ресурсів, які повніше ураховують різноманітні вимоги до оптимальних об’єктів і систем.  2. На засадах системного аналізу розроблено удосконалену багаторівневої модель з розрахунку компромісно-оптимальних режимів тяги поїздів, що охоплює процеси перевезень (моделі поїздопотоків, вагонопотоків), електротягову мережу (ураховує змінність напруги і ціни електроенергії), стохастичні моделі руху поїзда, для якої створено методи щодо ідентифікації параметрів за даними діючих інформаційних систем залізниць і забезпечення ефективної реалізації розрахунків.  3. Розроблено теоретичні основи і одержано рішення проблеми розрахунку режимів тяги поїздів, оптимальних по вартості при перемінних тарифах плати.  3.1. Встановлена ефективність перемінних тарифів і суттєва відмінність режимів ведення поїзда, оптимальних за вартісним показником, від режимних карт що оптимальні по критерію мінімуму електроспоживання на тягу. Розроблено методи розрахунку компромісно-оптимальних режимів тяги поїздів.  3.2. Для розрахунку режимних карт в умовах оптового ринку електроенергії вперше розроблено стохастичну модель ціни як нестаціонарної функції часу, що відповідно критерію Колмогорова – Смирнова для кожної години доби є гаусовою випадковою величиною; встановлено що при розрахунках з достатньою точністю можна враховувати чотири зони значимої зміни ціни (23 – 24, 0 – 6 год.; 8 – 10 год.; 6 – 8, 10 – 18, 22 – 23 год.; 18 – 22 год.).  3.3. Встановлено, що суттєве ускладнення методів розрахунку режимів тяги, оптимальних за вартісним показником, полягає у виникненні комбінаторної задачі по вибору оптимальних варіантів переведення тягових підстанцій на умови диференційованих тарифів. Розроблено комплекс відповідних моделей і пошукових та ітераційних методів розрахунку режимів тяги поїздів для відомих матриць електроспоживання електрикфікованих ділянок і методи прогнозування параметрів матриць шляхом моделювання графіків руху поїздів різних категорій (вантажних, пасажирських, швидкісних, приміських, тощо ).  3.4. Запропоновано статистичні критерії оцінки вигідності перемінних тарифів для *заданої* множини тягових підстанцій при розрахунках режимних карт, які використовують закони розподілення випадкових величин для відхилень показників ціни і електроспоживання, які можуть бути отримані із діючих інформаційних систем Укрзалізниці, або шляхом моделювання графіків руху поїздів різних категорій.  4. Одержано подальший розвиток теорії і методів розрахунку режимів ведення поїзда при урахуванні стохастичних властивостей задачі.  4.1. Встановлено за допомогою нерівностей Ієнсена можливості розбіжностей між результатами рішень стохастичних задач оптимального керування рухом поїзда при управлінні позиціями контролера і урахуванні перемінності напруги в тяговій мережі та їх детермінованих еквівалентів, в яких напруга дорівнює математичному очікуванню. Встановлено, що розбіжність пов’язана з неопуклостю наверх тягових і струмових характеристик двигуна електровоза, а також зі структурою рівнянь нагрівання тягового двигуна на протязі руху.  4.2. Розроблено двохетапний метод розрахунку режимів ведення поїзда, стійких до стохастичних властивостей напруги на струмоприймачі електровоза, в рамках якого додатково ураховуються витрати електроенергії від активного струму двигуна електровоза і використовується інформація про закон розподілення заданих інтервалів значень напруги в тяговій мережі.  4.3. На базі розрахунків і аналізу оптимальних за електроспоживанням графіків руху пасажирських поїздів стохастична задача зведена до регулювання відносно відомих еталонних режимів тяги, і за допомогою методики Ю.П. Петрова побудовано оптимальний лінійний регулятор по розрахунку режимів ведення поїзда з урахуванням перегрівання тягових двигунів.  4.4. Розроблено удосконалений метод розрахунку оптимальних режимів тяги поїзда, призначений для ефективного рішення стохастичних задач і побудови компромісно-оптимальних режимів, в якому при застосуванні квадратичної апроксимації функцій, лінійної апроксимації обмеження по терміну руху, а також неперервного динамічного програмування отримують аналітичне рішення для значень швидкостей руху по ділянках, що дозволяє на порядок зменшити час розрахунків.  4.5. Встановлено шляхом розрахунків компромісно-оптимальних режимів ведення пасажирських і приміських поїздів можливість в умовах застосування диференційованих тарифів на ділянках Південно-Західної залізниці зменшити вартість електроенергії на 11,6% за рахунок збільшення електроспоживання на 11,1%. В цілому режимні карти, оптимальні за вартістю електроенергії, дозволяють зменшити плату за електроспоживання на тягу до 8 – 12 %.  5. Одержано подальший розвиток і удосконалення методів векторної оптимізації, призначених для ефективного рішення досліджуваних в роботі комплексних задач з показниками ресурсів систем.  5.1. Удосконалені методи розрахунку множин компромісно-оптимальних рішень задач векторної оптимізації із застосуванням рівномірних числових –послідовностей, умов узгодженості компонентів цілі, з урахування умов невизначеності переваги компонентів цілі. Це забезпечило можливість ефективного рішення векторних задач оптимального управління тягою поїзда з показниками споживання і вартості електроенергії, задачі проектування конструкції захисту днища вагона-цистерни, а також задачі по розрахунку раціональних схем завантаження піввагонів трубами.  5.2. На підставі дослідження комплексних задач з показниками ресурсів розроблено метод векторної оптимізації, що полягає у аксіоматичному визначенні принципу компромісу з властивостями симетрії і ефективності для єдиного рішення, а також включає методику розрахунку вагових коефіцієнтів часткових показників за даними про аналоги систем. За допомогою методу досліджено компромісні властивості граничних поверхонь стійкості пружних стержневих систем і підкріплених оболонок при багатоваріантному навантаженні.  5.3. Для рішення багаторівневих векторних задач по розрахунку режимів тяги отримано узагальнення принципу мінімаксу і удосконалено метод аналізу ієрархії системи показників цілі, який не потребує строгої ієрархії компонентів вектора, може застосовуватися при залежності переваги показників від альтернатив і при неопуклих моделях задач векторної оптимізації.  6. Отримано подальший розвиток методів оптимального проектування конструкцій рухомого складу.  6.1. Удосконалено за рахунок застосування лінійної та нелінійної екстраполяції у просторі параметрів методи проектування конструкцій підвішування в задачі максимізації критичних швидкостей стійкості руху (електровоз ДС3) Встановлено, що проектування на базі методів екстраполяції з використанням нечітких величин суттєво зменшує обсяг розрахунків і подальших випробувань складної техніки.  6.2. Удосконалено метод проектування захисту днища вагонів-цистерн від дії наднормативних подовжніх ударів автозчеплювачем при урахуванні вектору показників оптимальності і формуванні методами самоорганізації моделей-замісників системи обмежень при кінцево-елементній дискретизації задачі. Застосування методу для проектування конструкції захисту (мінімальної маси, вартості, максимальної міцності) у вигляді тришарової металевої пластини з металевим стільниковим заповнювачем підтвердило коректність і обчислювальну ефективність цих процедур.  6.3. Отримано подальший розвиток методів параметричної оптимізації стержневих і оболонкових конструкцій, що знаходяться в умовах комбінованого, багатоваріантного навантаження, дії агресивного середовища.  6.3.1. Для задач оптимізації m-варіантного навантаження пружних стержневих систем (рами) розроблений метод розрахунку компромісно-оптимальних значень критичних сил у формі апроксимації опуклої граничної поверхні стійкості оптимальним m-мірним багатогранником з одною вершиною. Установлено, що таке представлення дає достатню для практики точність розрахунків критичних сил, а вершина багатогранника визначається при завданні відносин критичних зусиль пропорційно значенням відповідних парціальних критичних сил. Ефективність апроксимації установлено при дослідженні компромісно-оптимальних проектів усічених конічних оболонок, підкріплених подовжніми і кільцевими ребрами, з мінімальною масою при дії осьових, бічних (зовнішній, внутрішніх) і комбінованих сил.  6.3.2. Для стержневих систем, що згинаються, функціонуючих в умовах агресивних середовищ уперше установлені властивості компромісної оптимальності типу сукупної суперечливості між характеристиками: площа поперечного переріза, периметр, термін експлуатації.  6.4. Розроблено спеціалізовані методи оптимального проектування статично визначних і статично невизначених стержневих систем (ферм і рам мінімальної маси при обмеженнях по міцності, переміщенню вузлів і геометричним розмірам поперечних перетинів), що використовують нелінійну апроксимацію обмежень і цільових функцій для забезпечення обчислювальної ефективності процедур проектування.  6.5. Встановлено шляхом статичних, динамічних і ударних випробувань піввагонів, що завантажуються трубами різних сортаментів (розсипом, в пакетах), а також при кінцево-елементному моделюванні систем, напружено-деформований стан стійок і стінок вагона. Розроблено технічні умови і компромісно-оптимальні схеми завантаження, які ураховують обмеження по сортаментах, формі і масі пакетів, технологічні вимоги і забезпечують зберігання рухомого складу при раціональному завантаженні піввагонів трубами.  7. Розвинуто методи формування моделей досліджуваних задач оптимізації за даними експериментів, які накопичуються в інформаційних системах залізниць.  7.1. Удосконалено методику регресійного аналізу даних спостережень за рахунок поєднання методів структурного моделювання та самоорганізації моделей, коли апріорі не потрібне завдання виду рівняння регресії, яке розраховується. Для задачі аналізу і прогнозуванню динамічних коефіцієнтів стійкості для колісних пар двохосьового рейкового екіпажу з 9 степенями вільності порівняння запропонованого методу з МГУА дало відмінність результатів до 5%.  7.2. Для забезпечення адекватності і зменшення кількості параметрів моделей складних систем, що формуються за даними спостережень, удосконалено методи структурного математичного моделювання шляхом розробки критерію, що дозволяє встановити напрямок стохастичних залежностей між змінними, в якому ураховуються відхилення умовних імовірностей від їх маргінальних значень. Встановлено, що цей критерій є найбільш точним серед відомих.  7.3. Для розрахунку режимів тяги виконано подальший розвиток методів аналізу і прогнозування параметрів поїздопотоку за даними моніторингу процесу перевезень шляхом удосконалення методів експертних систем, а також модифікації потокових графів для обробки даних, представлених нечіткими величинами, що дозволяє отримати більш точну модель стохастичної задачі. Запропонований метод експертних систем використано також для визначення зон сталої ціни в рамках оптового ринку електроенергії, що спрощує метод розрахунків оптимальних режимів тяги. | |