

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

*В статті показано вплив використання раціональних режимів роботи поїздів, що визначає ступінь використання потужності та сили тяги, надійність і економічність в конкретних експлуатаційних умовах, дозволяє досягти оптимальних витрат первинних енергетичних ресурсів. Досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик, поряд з економією енергоресурсів, досягається вдосконалюванням режимів водіння поїздів, раціональним використанням паливно-енергетичних ресурсів на тягу поїздів. Метою даної статті є аналіз технологій підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів на рухомому складі залізниць. В результаті проведеного дослідження виявлено, що основними елементами економії енергетичних ресурсів під час експлуатації рухомого складу залізниць є використання максимальної можливої сили тяги, реалізація високих значень коефіцієнта зчеплення, раціональне використання запасів кінетичної енергії для подолання підйомів, правильний вибір швидкості початку гальмування, уміле регулювання сили тяги із застосуванням ослаблення збудження тягових двигунів при оптимальному температурному режимі обмоток електричних машин і дизеля.*

**Ключові слова:** залізничний транспорт, ефективність, економія, режими водіння поїзда, раціональність.

**Вступ.** Режим роботи локомотива визначає ступінь використання потужності та сили тяги, надійність і економічність його в конкретних експлуатаційних умовах, що є актуальною задачею. Прагнення до поліпшення використання потужності й сили тяги супроводжується вдосконалюванням режимів водіння поїздів, раціональним використанням паливно-енергетичних ресурсів на тягу поїздів.

Дослідженню питання раціонального використання енергетичних ресурсів на залізничному транспорті присвячено багато фундаментальних робіт [1-4], що пояснюється важливістю даної наукової задачі та підтверджує актуальність даного питання. Проте з розвитком сучасних засобів побудови тягових передач, розвитком наукової бази створення систем керування поїздами дана задача постійно отримує нові рішення.

**Мета та завдання.** Метою даної статті є аналіз технологій підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів на рухомому складі залізниць.

Завданням статті є виявлення інженерно-технічних та експлуатаційних заходів, що сприятимуть скороченню споживання первинних енергетичних ресурсів на залізничному транспорті.

### **Матеріал і результати досліджень.**

При розробці раціональних режимів водіння поїздів велике значення має вивчення й узагальнення досвіду кращих машиністів. Ріст кваліфікації локомотивних бригад, поліпшення якості ремонту й технічного обслуговування локомотивів необхідні для ефективного використання їх тягових властивостей і потужності.

Великий вплив на використання потужності локомотивів спричиняє також система експлуатації локомотивів. Важливу роль відіграє графік руху поїздів, який повинен передбачати найвигідніші умови їх пропуску по ділянках [1].

Досвід показує, що навіть за наявності режимних карт і реалізації рекомендованих режимів водіння поїздів, технічно обґрунтованих для деяких середніх експлуатаційних умов, фактична витрата електроенергії й палива в різних машиністів на тих само ділянках різний, відхилення можуть бути як у більшу, так і в меншу сторону від установленої норми. Досвідчені машиністи вміло враховують конкретні експлуатаційні умови, швидко ухвалюють правильні рішення, коректують рекомендації режимних карт і домагаються значної економії електроенергії або палива. Раціональний по витраті паливно-енергетичних ресурсів режим ведення поїзда повинен передбачати й оптимальне використання потужності локомотива за умовами нагрівання тягового електроустаткування, зчеплення коліс із рейками на підйомах, що лімітують, ділянки.

Звичайно режими ведення поїзда, раціональні за умовами використання потужності локомотивів на підйомах, що лімітують, не суперечать режимам, раціональним за витратою електроенергії або палива. Великий вплив на витрату енергоресурсів спричиняє технічний стан тепловозів, які можуть мати значні розбіжності характеристик паливної економічності, потужності й тягових характеристик,

внаслідок низької якості ремонту й технічного обслуговування, зміни стану в міжремонтний період, а також неузгодженості ланок системи керування дизель-генераторів. Тому неодмінною умовою ощадливої витрати дизельного палива при тепловозній тязі є високоякісні реостатні випробування після планового ремонту з регулюванням паливної апаратури, електричних апаратів і машин відповідно до діючих вимог.

Значний резерв економії електроенергії укладений у застосуванні рекуперативного гальмування поїздів. Як показують розрахунки й досвідні поїздки, розширення полігона застосування рекуперації електроенергії дає велике зниження її витрати [2].

Знизити витрати паливно-енергетичних ресурсів можна зменшенням механічної енергії локомотива й втрат енергії при її перетворенні. Значне зниження механічної роботи можна одержати при збільшенні часу ходу по перегонах. Зменшити механічну роботу можна, знижуючи середню швидкість руху поїзда й швидкість входу його на уклони зі шкідливими спусками, а також нерівномірність швидкості руху, швидкість початку гальмування поїзда.

Слід пам'ятати, що зниження середньої швидкості руху при заданому часі ходу неприпустимо. Зменшення нерівномірності швидкості руху дає помітний ефект в економії електроенергії й палива на рівнинних ділянках колії з відносно рідкими зупинками поїздів.

Зменшення нерівномірності швидкості руху дає помітний ефект в економії електроенергії й палива на рівнинних ділянках колії з відносно рідкими зупинками поїздів. При зміні режиму для вирівнювання швидкості слід урахувати значення коефіцієнту корисної дії (ККД) локомотива, щоб можливе підвищення втрат енергії на локомотиві було компенсовано економією від вирівнювання швидкості.

Втрати енергії в гальмах поїзда пропорційні довжині шкідливих спусків або квадрату швидкості початку гальмування. Для зменшення цих втрат потрібно в межах можливого знижувати швидкість поїзда при вході його на уклони зі шкідливими спусками й швидкість руху на початку гальмування. Це досягається збільшенням часу руху локомотива на вибігу з виключеними тяговими двигунами перед такими уклонами або гальмуваннями. Допустимість таких знижень швидкості руху визначається можливістю її підвищення на іншій частині перегону для забезпечення заданого часу ходу поїзда, а доцільність - різницею між економією енергії або палива завдяки зниженню втрат у гальмах і збільшенням їх витрати за рахунок руху з підвищеною швидкістю на деякій частині перегону або ділянки [5].

Вибір схеми тягової електропередачі визначає характеристики, режими та показники використання всього моторвагонного поїзда під час експлуатаційних режимів.

Прийнята схема тягової електропередачі повинна забезпечувати:

- встановлені тягові властивості для всього моторвагонного поїзда;
- високий експлуатаційний ККД в усіх режимах (в цій вимозі виходять з максимально можливого ККД в режимі тяги та рекуперації);
- простоту побудови за мінімально можливою кількістю вузлів схеми, що забезпечить простоту монтажу, пусконаладжувальних робіт, експлуатації, поточних та капітальних ремонтів, доступність всіх вузлів для огляду та оперативної заміни;
- високу експлуатаційну надійність [6].

Таким чином проєктована перспективна схема тягової електропередачі повинна бути оптимізованою за певними принципами:

- параметричний принцип, за яким при заданій структурі тягової електропередачі та відомих функціональних впливах на її елементи потрібно визначити такі параметри, при яких задовольняються задані показники якості перехідних процесів в елементах тягової електропередачі [5, 6];
- структурний принцип, відповідно до якого тягова електропередача повинна містити мінімально необхідне число елементів, що легко фізично реалізуються для повноцінної роботи системи [6];
- функціональний принцип, за яким необхідно визначити закони керування всією електропередачею, а за ними структуру та чисельні значення параметрів елементів схеми передачі [6].

До складу тягової електропередачі входять:

- дизельний двигун, що є первинним джерелом енергії;
- синхронний генератор;
- тяговий перетворювач частоти;
- перетворювач власних потреб;
- тяговий двигун;
- перетворювальні пристрої для забезпечення процесу заряд-розряд накопичувального елемента;
- система керування, що забезпечує узгоджену роботу всіх вузлів відповідно до оптимального режиму функціонування кожного з них, причому забезпечуючи найбільш раціональне споживання енергоресурсів кожним вузлом тягової електропередачі за даних умов експлуатації та при встановленому тяговому режимі моторвагонного поїзда. формування встановлених тягових характеристик поїзда

шляхом узгодженої рекуперації та споживання енергії від накопичувального елемента тягової електропередачі також є задачею системи керування.

При цьому накопичувач енергії в поєднанні з перетворювальною системою, що забезпечує його роботу, повинен в комбінації з основними елементами тягової електропередачі забезпечувати вказані вимоги до електропередачі поїзда в усіх режимах експлуатації:

- режимі холостого ходу, при котрому відсутній обмін енергією між окремими компонентами передачі;

- режимі тяги з одночасною передачею енергії від ланки дизель – синхронний генератор та ланки накопичувача енергії на приводні колеса через тяговий перетворювач частоти;

- режимі тяги з використанням енергії тільки від ланки дизель – синхронний генератор на приводні колеса через тяговий перетворювач частоти, а в разі надлишку енергії - одночасної передачі надлишкової енергії до ланки накопичувача енергії для послідуного її використання за можливості;

- режимі вибігу з одночасним зарядом накопичувача енергії;

- режимі рекуперативного гальмування з одночасним переводом дизеля в режим холостого ходу.

**Висновки.** Отже основними елементами раціональних режимів водіння поїздів є:

- використання максимальної можливої сили тяги;

- реалізація високих значень коефіцієнта зчеплення;

- раціональне використання запасів кінетичної енергії для подолання підйомів;

- правильний вибір швидкості початку гальмування;

- уміле регулювання сили тяги із застосуванням ослаблення збудження тягових двигунів при оптимальному температурному режимі обмоток електричних машин і дизеля.

#### **Список літератури**

1. Рациональные режимы вождения поездов и испытания локомотивов / Под ред. С. И. Осипова. - М. : Транспорт, 1984. - 280 С.
2. Цукало П. В. Экономия электроэнергии на электроподвижном составе / П. В. Цукало. – М. : Транспорт, 1983. – 174 С.
3. Черепашенец Р. Г. Вождение поездов / Р. Г. Черепашенец, В. А. Бирюков, В. Т. Понкрашов, А. Н. Судаловский; под ред. Р. Г. Черепашенца. – М. : Транспорт, 1994. – 304 С.
4. Дубровский З. М. Электровоз. Управление и обслуживание / Дубровский З. М., Курчатова В. А., Томфельд Л. П. – М. : Транспорт, 1979. – 231 С.
5. Калько В. А. Тепловоз. Иллюстрированное пособие машинисту / Калько В. А., Медведев Г. Г., Рукавишников Ю. А. – М. : Транспорт, 1967. – 223 С.
6. Кулагин Д. А. Механизация, автоматизация, информатизация, телекоммуникация и связь в отраслях производств : коллективная монография / [под ред. С. М. Ахметова]. – Новосибирск : Изд. «СибАК», 2014. – 156 С.

**D.O. Kulagin**

**Zaporizhzhya national technical University**

#### **INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF EFFICIENCY USING INCREASE OF FUEL AND ENERGY RESOURCES ON THE RAILWAY TRANSPORT**

*The article shows the influence of the use of rational modes of trains, which determines the extent of use of power and traction control, reliability and efficiency in specific operating conditions, allows achieving optimum cost of primary energy resources. Achieve optimal performance, along with energy savings, by improved modes of driving trains, rational use of fuel and energy resources for traction of trains. The aim of this article is the analysis of technologies of increase of efficiency of use of energy resources on rolling stock of Railways. In the result of the study revealed that the main elements of energy savings in the operation of the rolling stock is to use the maximum possible traction control, implementation of high values of the coefficient of adhesion, rational use of stocks of kinetic energy to overcome rises, the right choice of speed at the beginning of braking, skilful regulation of tractive effort with the use of weakening of traction motor excitation at the optimum temperature of windings of electrical machines and diesel.*

**Key words:** railway transport, efficiency, economy, driving modes trains, rationality.

1. Rational modes of driving trains and tests locomotives / Pod red. S. I. Osipova. - М. : Transport, 1984. - 280 P.
2. Tsukalo P. V. Energy saving in electric rolling composition / P. V. Tsukalo. – М. : Transport, 1983. – 174 P.
3. Cherepashenets R. G. Driving of trains / R. G. Cherepashenets, V. A. Biryukov, V. T. Ponkrashov, A. N. Sudalovskiy; pod red. R. G. Cherepashentsa. – М. : Transport, 1994. – 304 P.
4. Dubrovskiy Z. M. The locomotive. Management and maintenance / Dubrovskiy Z. M., Kurchatova V. A., Tomfel'd L. P. – М. : Transport, 1979. – 231 P.

5. Kal'ko V. A. The locomotive. Illustrated manual operator / Kal'ko V. A., Medvedev G. G., Rukavishnikov Yu. A. – M. : Transport, 1967. – 223 P.

6. Kulagin D. A. Mechanization, automation, Informatization, telecommunications and communications in the sectors of industry : collective monograph / [pod red. S. M. Akhmetova]. – Novosibirsk : Izd. «SibAK», 2014. – 156 P.

УДК 629.4.076:62-52:629.423.2

Д.А. Кулагин, канд. техн. наук, доцент

Запорожский национальный технический университет

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

*В статье показано влияние использования рациональных режимов работы поездов, которые определяют степень использования мощности и силы тяги, надежность и экономичность в конкретных эксплуатационных условиях, позволяют достичь оптимальных расходов первичных энергетических ресурсов. Достижение оптимальных эксплуатационных характеристик, наряду с экономией энергоресурсов, достигается усовершенствованием режимов вождения поездов, рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов. Целью данной статьи является анализ технологий повышения эффективности использования энергетических ресурсов на подвижном составе железных дорог. В результате проведенного исследования выявлено, что основными элементами экономии энергетических ресурсов во время эксплуатации подвижного состава железных дорог является использования максимальной возможной силы тяги, реализация больших значений коэффициента сцепления, рациональное использование запасов кинетической энергии для преодоления подъемов, правильный выбор скорости начала торможения, умелое регулирование силы тяги с применением ослабления возбуждения тяговых двигателей при оптимальном температурном режиме обмоток электрических машин и дизеля.*

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, эффективность, экономия, режимы вождения поезда, рациональность.

УДК 621.783.2:621.311.16

Ю.Г. Качан, д-р техн. наук, профессор;

В.Л. Коваленко, канд. техн. наук, доцент; А.А. Візер

Запорізька державна інженерна академія

### **МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ГАЗОВОЇ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ЗА НАЯВНОСТІ ПРОСТОРОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ**

*В роботі представлені результати експериментального дослідження впливу електричного поля на розподіл температури у нагрівальних пристроях. Для підвищення ефективності експерименту було здійснено його планування з метою досягнення максимальної точності прогнозування при мінімальній кількості проведених операцій і забезпечення статистичної достовірності одержаних результатів. Отримано математичну модель, що дозволяє визначити температуру у місці розташування електродів при наявності електричного поля, її підтверджено її адекватність.*

**Ключові слова:** математична модель, нагрівальна піч, тепловий потік, просторове електричне поле, інтенсифікація теплообміну.

**Вступ.** Як було визначено [1,2], вплив електричного поля на процес розподілу температури у нагрівальних камерах є незаперечним і проявляється вже за відносно низьких напруг до 1 кВ. При цьому інтенсифікації процесу теплообміну у певній області промислового нагрівального пристрою, зазвичай, не приділяється значної уваги. Частково це задовольняється зміною конструкції і аеродинамічних характеристик останнього, що є недостатнім. Впровадження вищезазначених заходів у комплексі з використанням запропонованого методу підвищення енергоефективності на основі застосування електричного поля у якості керуючого впливу на теплові потоки може дати значну економію витрат