ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ДІЇ КОМПЛЕКСУ ЧИННИКІВ НА ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ МОТОРВАГОННИМ РУХОМИМ СКЛАДОМ

INVESTIGATION OF THE MECHANISM OF ACTIONING THE INFLUENTIAL COMPLEX ON MOTORRAILROAD ROLLING STOCK'S ELECTRICITY CONSUMPTION

Людмила КУШНІР,
Одеська залізниця

Lyudmyla KUSHNIR,
Odessa railway

Щорічно спостерігається тенденція до зростання збитків від приміських пасажирських перевезень при зниженні обсягів їх перевезень, що негативно впливає на стан пасажирського комплексу України. Однією з причин збитковості є занадто велика енергоємність електропотягів та відсутність ґрунтовного підходу до визначення питомих витрат електроенергії на тягу поїздів, а також перманентне зростання цін на енергоресурси. З огляду на це необхідним є фундаментальний аналіз і пошук методів скорочення енерговитрат шляхом їх наукового нормування та ефективного використання.

Парадигмою світового розвитку в XXI сторіччі є глобалізація, пришвидшення всіх життєвих процесів та заходів щодо економного використання наявних видів ресурсів в умовах постійного зростання цін на них, особливо на енергоносії. Отже, вектор на підвищення якості транспортного обслуговування і заощадження енергоресурсів є пріоритетною вимогою в розвитку залізничного транспорту, зокрема приміського пасажирського комплексу.

В умовах реформування економіки України, в тому числі й транспортної галузі, широкого включення в систему міжнародних господарських зв'язків, можливо, і в Європейську зону вільної торгівлі, залізничний транспорт повинен вирішувати складні проблеми адаптації до роботи в жорсткому конкурентному ринковому середовищі, враховуючи наслідки соціально-економічної кризи. Даний вид транспорту – стратегічна інфраструктурна галузь економіки України, тому підвищення ефективності його діяльності – це питання національної безпеки країни. Ефективність його виробництва значною мірою залежить від рівня витрат усіх видів ресурсів на перевезення, в тому числі й на паливо і електроенергію, яких Україна споживає на одиницю продукції в 3-4 рази більше, ніж Європа.

Залізниці зі своєю специфікою – енергоємний споживач паливно-енергетичних ресурсів. Частка витрат їх становить близько 18% в експлуатаційних витратах залізниць. Так, за 2009 рік залізницями України спожито: дизельного палива – 403 тис. т; природного газу – 136 млн. м3; електроенергії – 5,4 млрд. кВт·год; вугілля – 109 тис. т; бензину – 11,9 тис. т; мазуту – 6,8 тис.т. В тому числі на тягу поїздів залізницями використано - 337,4 тис. т дизельного палива та 4,5 млрд. кВт·год електроенергії.

За останнє десятиліття в цій сфері є певні здобутки. За 1999 – 2009 роки при зростанні перевезень пасажирів і вантажів електричною тягою на 26,3% витрати збільшилися всього на 9,3%. Питомі витрати електроенергії на одиницю загальної перевізної роботи зменшилися зі 142 до 123 кВт·год/ 10000 ткм брутто, або на 13,4%. Одночасно при скороченні обсягів перевезень тепловозною тягою на 7,5% витрати дизельного палива зменшилися на 17,6%. Але питомі витрати електричної енергії на приміські перевезення в 2010 році становили 211,4 кВт·год, що на 15,5% більше, ніж в цілому по пасажирських перевезеннях, які здійснюються електротягою.

Як свідчать дані таблиці, протягом двох останніх років спостерігається збільшення питомих витрат електроенергії на тягу поїздів при зменшенні транспортної роботи.

Що ж саме впливає на питомі витрати електроенергії в приміському сполученні залізничного транспорту? Від чого вони залежать? І як саме можна вплинути на їх зменшення на сучасному етапі розвитку? Відповідь

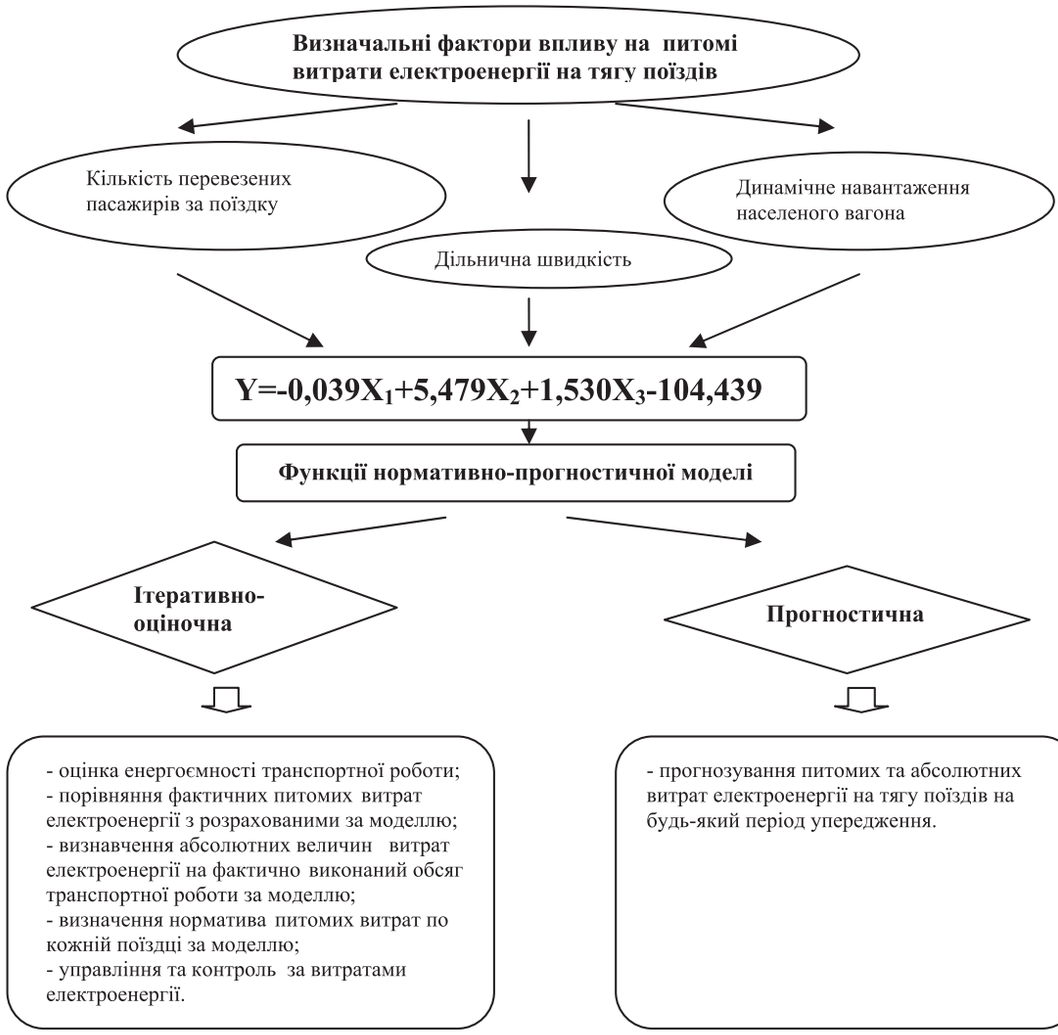
Таблиця. **Динаміка показників приміського комплексу залізничного транспорту України протягом 2001-2010 років**

Назва показника	Роки									
	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2009	2010	Темп росту (%) показників у 2010 до рівня	
									2001	2009
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Транспортна робота, млрд. ткм брутто	21,9	22,6	22,8	22,8	23,1	23,1	21,3	20,9	95,4	98,1
Витрати електроенергії на тягу поїздів, млн. кВт·год	444,5	457,9	485,5	480,9	486,2	480,3	446,2	441,9	99,4	99,0
Питомі витрати електроенергії, кВт·год на 10000 ткм брутто	203,0	202,6	212,9	210,9	210,5	207,9	209,5	211,4	104,1	100,9

У статті описано дію факторів, які впливають на зменшення витрат електроенергії на тягу поїздів у приміському сполученні залізничного транспорту, розглянуто одну з діючих методик розрахунку норми питомих витрат електроенергії, виявлено її недолік та запропоновано якісно новий підхід та економіко-математичну модель питомих витрат електроенергії на тягу приміських поїздів. Модель відтворює дію найбільш впливових факторів (експлуатаційних показників.)

In the article the action of the factors, which influence the expenditures of electric power for the thrust of trains in the suburban traffic of rail transport, is described, one of the acting procedures of calculation of the standard of specific expenditures is examined, it is deficiency revealed and proposed a fundamentally new approach and economic and mathematical model of the determination of the specific expenditures of electric power for the thrust of suburban trains. The model reflects the action of the most contributing factors (operational indices).

Рисунок. **Механізм дії чинникового комплексу на витрати електроенергії на тягу поїздів у приміському сполученні залізничного транспорту**



на ці запитання потребує досконального аналізу факторів впливу - експлуатаційних показників роботи електрорухомого складу.

На величину споживання енергетичних ресурсів у процесі експлуатації впливає багато факторів (приблизно 60). Основні з них такі:

- ❑ тип і стан тягового двигуна;
- ❑ економічність тягового рухомого складу, профіль колії, її технічний стан;
- ❑ наявність режимних карт керування електропоїздом;
- ❑ наявність попереджень про зниження швидкості електропоїздів;
- ❑ досвід передових машиністів;
- ❑ маса поїзда (населеність вагонів);
- ❑ дільнична швидкість;
- ❑ кількість зупинок;
- ❑ метеорологічні умови;
- ❑ витрати на перевезення тари вагонів.

На сьогодні є певні методики розрахунку норми питомих витрат. За діючою методикою норма питомих витрат електроенергії на 10000 ткм брутто (А) для приміського електропоїзда, що складається з п'яти секцій, розраховується за формулою:

$$A = [\frac{(S \cdot 6{,}5 + n \cdot 30)(t_{розр} + t_{n})}{t_{граф}}] \cdot K_{н} + \Delta A_{оп} \qquad (1)$$

де S - відстань від початкового пункту до кінцевого, км;

6,5- витрати електроенергії, які необхідні для проходження 1 км шляху з розрахунковою швидкістю без зупинок з урахуванням кривих колії, кВт·год /км;

n- кількість зупинок від початкової до кінцевої станції;

$t_{розр}$ - час, який необхідно для проходження електропоїзда від початкового до кінцевого пункту без урахування зупинок із середньою швидкістю 60 км/год, хв.;

$t_{п}$ - час, який необхідно на всі зупинки поїзда з моменту гальмування до розрахункової швидкості (1 хв. на зупинку), хв.;

30 - енергія, яка необхідна для однієї зупинки під час досягнення швидкості до 60 км/год, кВт·год;

$K_{н}$ - коефіцієнт, який враховує населеність, для малонаселених поїздів дорівнює 0,95, середньонаселених - 1 і перенаселених - 1,05;

$t_{граф}$ - закладений час руху в графіку або в розкладі, від початкового до кінцевого пункту, хв.;

$\Delta A_{оп}$ - енергія, яка необхідна для опалення вагонів, кВт·год.

Великим недоліком цього методу є те, що норматив абсолютних витрат електроенергії встановлюється фактично на 1 поїздку по певній дільниці як середній показник за лічильником за декілька поїздок, потім дещо коригується і ділиться на фактичний обсяг ткм брутто за одну поїздку. Таким чином встановлюється норматив питомих витрат електроенергії на 10000 ткм брутто по кожній дільниці. Але цей спосіб "по-досягнутому" не враховує якості й ефективності експлуатаційної роботи моторвагонного депо і

локомотивних бригад. Це застарілий витратний метод планування потреб в електроенергії на тягу поїздів.

Якісно новий підхід, запропонований автором, базується на економіко-математичному моделюванні показника питомих витрат залежно від факторів (експлуатаційних показників) впливу на питомі витрати (див. рис.). Важливим завданням цього дослідження є розробка методики, побудова і розрахунок факторної нормативної прогностичної моделі питомих витрат електроенергії на тягу приміських поїздів. Насамперед необхідно виявити причинно-наслідкові зв'язки між питомими витратами електроенергії та відомими з практики експлуатації приміських електропоїздів показниками, які суттєво впливають на величину питомих витрат електроенергії на тягу поїздів. Потім побудувати багатофакторну модель питомих витрат (Y) залежно від найбільш впливових експлуатаційних показників (X_i), яка має такий загальний вигляд (2):

$$Y=a_0+ a_1X_1+...+ a_iX_i+ a_nX_n,. \quad (2)$$

де a_0 – вільний член рівняння регресії;

a_1, a_1, a_i, a_n – коефіцієнти регресії.

Дослідження проведено за результатами роботи показників моторвагонного депо Одеса-Застава-1 Одеської залізниці. Вибірково відібрано 73 поїдки, здійснені моторвагонним рухомим складом (електропоїздом) серії ЕР9-е в одному і тому ж напрямку. В нашому випадку взято двадцятивідсоткову вибірку. Теорія статистики "працює" тоді, коли випадкові явища з'являються в масовій кількості, тому що саме тоді й виникають закономірності в їхній масі. Випадковим явищем, яким оперують теорія ймовірностей та математична статистика, є явища, які виникають масово, випадковість тут полягає в тому, що не можна заздалегідь передбачати результат їхнього здійснення.

Застосування економіко-статистичних методів до аналізованих даних про випадкові явища, події й величини можливо при наявності даних не щодо одного або декількох спостережень, а щодо їх великої кількості. Найкраще аналізувати всю сукупність даних, яка належить до всієї маси випадків появи даної події (у нашому випадку до всіх поїздок приміських електропоїздів на всіх дільницях Одеської залізниці). Таку сукупність даних іменують генеральною. Але з такою великою кількістю елементів генеральної сукупності (тобто поїздок) та з ще більшими масивами даних, що цікавлять нас, працювати дуже складно (навіть зібрати їх досить важко). Тому потрібно взяти певну вибірку даних з генеральної сукупності. Сукупність випадково обраних із генеральної сукупності об'єктів (вимірів, статистичних даних) називають вибірковою сукупністю або вибіркою.

За допомогою кореляційно-регресійного аналізу виведено модель розрахунку питомих витрат електроенергії на тягу поїздів у приміському сполученні. Слід зауважити, що модель будується і розраховується на основі репрезентативної (результати спостережень можна поширити на всю генеральну сукупність) вибірки поїздок, які мають показники експлуатації електропоїздів вище середніх значень по депо і відсутні великі відхилення в більший чи менший бік. Визначено, що суттєвий вплив на величину питомих витрат електроенергії (Y) мають лише кількість перевезених пасажирів у поїзді (X_1), дільнична швидкість (X_2), динамічне навантаження населеного вагона (X_3). Така модель дає прогресивну теоретично-розрахункову норму питомих витрат електроенергії та має вигляд (3):

$$Y=-0,039X_1+5,479X_2+1,530X_3-104,439, \quad (3)$$

де X_1 - кількість перевезених пасажирів у поїзді у даному напрямку;

X_2 - дільнична швидкість на всьому шляху прямування у вказаному напрямку;

X_3 - динамічне навантаження населеного вагона у поїзді;

0,039; 5,479; 1,530 - коефіцієнти регресії;

104,439 – вільний член.

У даній моделі коефіцієнт множинної кореляції R=0,957 (дуже тісний зв'язок між факторами впливу і питомими витратами електроенергії); а коефіцієнт детермінації R_2=0,916 означає, що 91,6% впливу на зміну величини Y (питомих витрат електроенергії) мають фактори, що включені в модель.

Підставивши в наведену модель значення вказаних факторів впливу, можна розрахувати нормативні питомі витрати електроенергії на окремих дільницях курсування різних серій електропоїздів за різні періоди року.

ВИСНОВКИ

Запропонована нормативно-прогностична модель питомих витрат електроенергії на тягу поїздів має дві функції:

– аналітично-оціночну (ітеративно-оціночна процедура);

– прогностичну (прогнозування і управління витратами електроенергії).

Функції дозволяють порівняти фактичні питомі витрати електроенергії з розрахованими за факторною моделлю (1), оцінити в такий спосіб ступінь ефективності використання електроенергії - економію або перевитрати. Це буде різниця між абсолютними величинами фактичних витрат електроенергії (за лічильниками в електросекціях) і нормативними значеннями, розрахованими як сума добутків фактично виконаної транспортної роботи (ткм брутто) по кожній поїздці і нормативу питомих витрат, який визначено за факторною моделлю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аксенов И.М. Укрепление экономической стабильности пригородных пассажирских перевозок //Залізничний транспорт України. 2001. - №4. - С. 6 - 10.

2. Гудков О.М. Проблеми організації приміських пасажирських перевезень на залізничному транспорті / О.М.Гудков // Проблеми економіки транспорту. III Міжнар. наук. конф.: Тези доповідей. – Дніпропетровськ: ДІІТ, 2003. – С. 59-60.

3. Додорина И.В. Экономическая эффективность мероприятий по экономии топливо-энергетических ресурсов в локомотивном хозяйстве дороги. Автореф. дис. к-та. экон. наук: 08.00.05 – „Экономика и управление народным хозяйством (Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями и комплексами - транспорт)" / И.В. Додорина / МИИТ. – М., 2002. – 22 с.

4. Збірник нормативних документів з енергозбереження – К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України "Укрзалізниця", 2008.- 277 с.

5. Макаренко М.В. Основи управління економічними процесами на залізничному транспорті України. Монографія. – К.: КУЕТТ, 2003. – 478 с.

6. Макаренко М.В., Гойхман І.М. Аналіз динаміки і структури перевезення пасажирів залізничним транспортом. - Збірник наукових праць ДЕТУТ, серія Економіка і управління, вип.16. – К: ДЕТУТ, 2010 – 21 с.

7. Методики розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів /Затверджено наказом Укрзалізниці від 09.06.04 р. №113-Ц.

8. Методичний аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів та роботи по енергозбереженню на залізничному транспорті України за 2007 рік. – К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України "Укрзалізниця", 2007. - 53 с.