

механічні властивості насипних вантажів і конструкції вагоноперекидачів.

Після аналізу отриманих даних розрахунків у вигляді графіків прискорень можна зробити висновок, що найбільші прискорення кузовів отримують при повороті системи на кут 125 град. і складають вони близько 1g. Отримані значення прискорень дозволяють оцінити на міцність конструкції піввагонів під час їх перекидання на вагоноперекидачі і відповідно підвищити показники надійності, міцності і збереження вагонного парку.

---

В статті представлена математическая модель движения системы «вагоноопрокидыватель (ПВО) - кузов полувагона (ПВ) - насыпной (навалочный) груз».

С помощью системы дифференциальных уравнений движения был составлен алгоритм нахождения ускорений действующих на кузов полувагона во время его опрокидывания на вагоноопрокидывателе. При составлении компонентов дифференциальных уравнений учитывались различные конструкции полувагонов, физико-механические свойства насыпных грузов и конструкции вагоноопрокидывателей.

После анализа полученных данных расчетов в виде графиков ускорений можно сделать вывод, что наибольшие ускорения кузовов получает при

повороте системы на угол 125 град. и составляют они порядка 1g. Полученные значения ускорений позволяют оценить на прочность конструкции полувагонов при их опрокидывании на вагоноопрокидывателях и соответственно повысить показатели надежности, прочности и сохранности вагонного парка.

---

The article presents a mathematical model of motion system "car dumpers (PVO) - body gondola (NIP) - bulk (bulk) cargo."

Using a system of differential equations of motion was drawn up algorithm for finding the accelerations acting on a body of open car during a rollover on his car dumpers. In compiling the components of differential equations into account the various designs gondolas, physical and mechanical properties of bulk cargo and designs car dumpers.

After analyzing the data obtained settlements in the form of graphs of acceleration, we can conclude that the greatest acceleration of the body gets when you turn the system on the angle of 125 degrees. and they constitute about 1g. The obtained values allow to calculate the accelerations on the structural strength of gondola cars when they roll-over on the car dumper and correspondingly increase the reliability, durability and safety of the car fleet.

УДК 629.4.01

ЯЦЬКО С.І., к.т.н. (УкрДАЗТ);

### **Методологія вибору раціональної стратегії визначення характеристик перспективного моторвагонного рухомого складу**

---

#### **Постановка задачі**

Традиційні підходи до проектування технічних об'єктів, які втілюються зараз, у більшості випадків розглядаються лише як окремі, орієнтовані на досягнення визначеного рівня показників власне технічних засобів. В результаті не забезпечується достатньо висока економічна ефектив-

ність при їх експлуатації у складі відповідної технічної системи [1, 2].

Але будь який технічний об'єкт є часткою іншої системи, яка, у свою чергу, є часткою більш масштабної надсистеми. Раціональна стратегія поведінки в умовах наявності великої кількості різномірних факторів та зв'язків потребує нового підходу, що базувався б на виявленні та вра-

хуванні найважливіших особливостей і вимог цієї системи, у якій як функціональний елемент буде експлуатуватися створений технічний засіб нового покоління. Такий підхід є системним.

Все вище сказане відноситься в повній мірі до проблеми створення сучасного рухомого складу, в тому числі моторвагонного, яким забезпечуються пасажирські перевезення. Пасажирські перевезення займають особливе місце в роботі транспорту. Це зумовлено їхнім високим соціально-економічним значенням у житті суспільства та виконанням важливих гарантій держави – свободи пересування. Задоволення потреб населення в перевезеннях є основним завданням транспорту.

Що стосується пасажирських перевезень залізницями України, а це близько 34 % від загального обсягу [3], то вже тривалий час вони є збитковим. Крім цього, останнім часом намітилась тенденція до зниження цієї частки.

Не в останню чергу зниження об'ємів пасажирських перевезень залізницями та зростання їх збитковості викликано поступовою втратою їх привабливості для ряду категорій пасажирів, що привело до пере направлення пасажирських потоків на інші види транспорту, наприклад, автомобільний [3].

Враховуючи соціально – економічне значення у житті суспільства пасажирських перевезень залізничним транспортом, його екологічність та інші суспільно значимі фактори, питання повернення позицій залізничному транспорту в пасажирських перевезеннях є актуальним. Зрозуміло, що вирішення зазначеної проблеми тісно пов'язане з питанням підвищення економічної ефективності самих перевезень.

---

### **Аналіз досягнень в вирішенні даної проблеми**

---

Проблема підвищення економічної ефективності перевезень стоїть перед ба-

гатьма країнами. Дослідження провідних вчених та досвід розвинутих країн показує, що вирішення цієї проблеми потребує рішення цілого комплексу задач, в тому числі щодо подальшого напрямку розвитку транспортних засобів та всієї інфраструктури [5-8]. При цьому виділяється ряд головних напрямків діяльності, а саме:

- створення рухомого складу що відповідає потребам пасажирів, та забезпечує успішну конкуренцію іншим видам транспорту;
- удосконалення системи управління, впровадження технологій, що сприяють скороченню витрат, отриманню максимального прибутку та підвищенню екологічної безпеки;
- розробка привабливої для пасажирів цінової політики;
- створення механізмів фінансування залізниць за напрямками, що визначають рівень технічного прогресу.

В роботах [9,10], де детально аналізуються результати досліджень провідними вченими конкурентоспроможності залізничного транспорту, акцентується наступне: конкурентоспроможність перевезення визначається сукупністю тільки тих властивостей, які викликають інтерес у конкретного споживача, а інші характеристики до уваги не беруться.

Що стосується вітчизняного електричного моторвагонного рухомого складу (МВРС), то як відомо, основу парку залізниць України (понад 80% постійного та 85% змінного струму) складають МВРС ризького виробництва (м. Рига, Латвія). За останнє десятиліття парк в основному поповнився МВРС вітчизняного виробництва типу ЕПЛ2Т та ЕПЛ9Т, прототипами яких були ЭР2Т та ЭР9Т(М). Вказані МВРС в цілому мають однакові значення (табл.1) по цілому ряду параметрів: конструкційній швидкості, прискоренню при пуску та уповільненню при гальмуванні, швидкості сполучення на умовній ділянці, довжині умовної ділянки, кількості мо-

## РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

торних осей, типу тягових двигунів (тягові двигуни постійного (пульсуючого) струму послідовного збудження) та інше. Це було обумовлено тодішнім баченням призначення МВРС як засобу по забезпеченню приміського пасажирського руху. В цілому підхід щодо формування вимог до рухомих одиниць приміського сполучення не зазнав значних змін. Але вимоги часу, пов'язані з необхідністю забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту, потребують уточнення як цих вимог так і бачення перспективи в використанні даного типу поїздів.

Так останнім часом в Україні, як і в

інших країнах, відмічається тенденція в використанні МВРС і в міжрегіональних пасажирських перевезеннях. На користь використання даного типу рухомого складу можна віднести наявність технічної можливості реалізації більшого сумарного тягового зусилля на тону ваги поїзда, а також більш повне використання довжини поїзда для перевезення пасажирів в порівнянні з поїздами з локомотивною тягою. Зрозуміло, що при цьому режими їх роботи будуть значно відрізнятися від тих, які були взяті за основу при розробці та створенні.

Таблиця 1

Основні характеристики базових МВРС залізниць України

	Умовні позначення типів МВРС			
	ЭР2Т	ЕПЛ2Т	ЭР9Е/ЭР9Т	ЕПЛ9Т
Напруга живлення, номінальна	Постійна, 3кВ		Змінна, 25кВ, 50 Гц	
Основний склад поїзда	2Г+5М+3П	2Г+4М+2П	2Г+5М+3П	2Г+2М+2П
Довжина вагона по осях автотягачу, мм	19600	25250	19600	25250
Маса (тара), т	488,8	457,8		457,6
Число місць для сидіння	1050	1016	1050	968
Прискорення при пуску, м/с <sup>2</sup>	0,7			
Регулювання напруги тягових двигунів	Реостатне ступінчате		На низькій стороні трансформатора (ступінчате)	
Конструкційна швидкість, км / год	130			
Рік випуску	1978-1989	2001	1981-1987/1987-1988	2001

Як відомо, до основних задач по збереженню конкуренто-спроможності пасажирських перевезень залізничним транспортом відноситься комплексна задача по підвищенню маршрутних швидкостей. На даний час кращий показник маршрутної швидкості на залізницях України не перевищує 80 км/год, а співвідношення маршрутної швидкості й максимальної становить ~0,5, що вкрай незадовільно [11]. В свою чергу, інтеграція залізниць України, як складових міжнародних транспортних систем, потребує узгоджень їх параметрів з зацікавленими сторонами. Так Європейським товариством висунуто ряд вимог до параметрів ін-

фра-структури міжнародних залізничних коридорів, з яких одним з основних є забезпечення швидкості руху пасажирських поїздів до 160 км/год. На даний час біля 20 країн мають графікові поїзди з маршрутною швидкістю руху між кінцевими станціями що перевищує 120 км/год. Провідні позиції займають Японія, Франція, Іспанія, Німеччина та Великобританія, а останнім часом і Китай, які входять в першу десятку, графікові поїзда яких мають маршрутні швидкості понад 150 км/год. При цьому співвідношення маршрутної швидкості й максимальної становить 0,51 ... 0,91 [11].

Аналіз даних, наведених вище, дає

можливість зробити висновок, що при забезпеченні відповідного рівня інфраструктури та характеристик електричного рухомого складу, можна суттєво підвищити маршрутні швидкості пасажирських поїздів. При цьому доцільно зауважити, що підвищення маршрутних швидкостей в деяких випадках не тільки і не стільки залежить від швидкісних характеристик рухомого складу, а в значній мірі від характеристик інфраструктури.

Зрозуміло, що функціональне призначення поїздів, умови експлуатації та режими роботи обумовлюватимуть певні технічні вимоги до них, і різний підхід до вирішення питання доцільності впровадження того чи іншого технічного рішення у порівнянні з іншими поїздами.

Таким чином, за умови необхідності покращення конкуренто-спроможності пасажирського рухомого складу слід вирішити основну задачу - забезпечити привабливість для пасажирів залізничних перевезень. Рішення даної задачі бачиться в:

- оптимізації параметрів системи рухомий склад – інфраструктура;
- підвищенні екологічної та в цілому безпеки перевезень;
- зниженні експлуатаційних витрат.

При всьому цьому на рівень та глибину концептуальних рішень суттєво впливає необхідність узгодження співвідношення капітальних та експлуатаційних витрат з прибутками від пасажирських перевезень.

Незважаючи на існуючу ситуацію, застосування МВРС в забезпеченні пасажирських перевезень є перспективним, особливо в вирішенні транспортних та екологічних проблем в регіонах з великою щільністю населення та в сприянні розвитку регіонів.

В цих умовах визначення основних характеристик перспективного МВРС викликає великий науково – практичний інтерес, а проблема повернення привабливості пасажирських перевезень залізничним транспортом, в тому числі за рахунок приведення у відповідності до вимог часу

технічних характеристик МВРС, розширення кола потенційних споживачів, з безумовним забезпеченням при цьому економічної ефективності перевезень, є актуальною.

---

### Метою роботи

---

Розробка методології вибору раціональної стратегії визначення характеристик перспективного МВРС в умовах не повної визначеності на основі системного аналізу [12].

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- визначити сукупність тільки тих властивостей МВРС, які мають інтерес для конкретного споживача;
- визначити перелік критеріїв, за якими визначатимуться характеристики МВРС в умовах не повної визначеності;
- розробити алгоритм прийняття рішень щодо якості транспортних послуг при пасажирських перевезеннях, та алгоритм визначення характеристик МВРС.

---

### Матеріал і результати дослідження

---

Питання прийняття рішення щодо характеристик перспективного МВРС потребує системного, цілісного розгляду проблеми. Відомо, що процес прийняття рішень можна описати деякою узагальненою процедурою, основними етапами якої є:

- формулювання цілі;
- визначення множини можливих та допустимих шляхів її досягнення;
- обґрунтування критерію оцінки ефективності, за яким можна порівняти якість можливих рішень;
- визначення найкращого на допустимій множині рішення.

Задача створення конкурентоспроможного рухомого складу для пасажирських перевезень відноситься до слабо структурованих проблемних областей, що в умовах очевидної багатокритеріальності та невизначеності, обумовлює необхідність вибору серед великої множини альтернатив на про-

тязі всього процесу створення системи перевезень. Неоднозначність такого вибору пов'язана з суб'єктивними перевагами як у випадку формування стратегії рішення задачі (наприклад, при визначенні множини допустимих альтернатив), так і при ранжируванні критеріїв по показнику їх важливості та оцінки міри досягнення цілі задачі прийняття рішення. Відсутність об'єктивно вірного результату потребує врахування суб'єктивних оцінок та евристик.

Крім зазначеного, при реалізації системного підходу, необхідно враховувати той факт, що оцінка прийнятих рішень безпосередньо визначатиметься привабливістю рішень для пасажирів.

Пропонується розглянути наступні основні етапи методології вибору раціональної стратегії визначення характеристик перспективного МВРС:

- визначення критеріїв якості транспортних послуг;
- визначення множини рішень щодо властивостей рухомого складу;
- визначення критеріїв оцінки та процедури прийняття рішень;
- аналіз технічного стану системи рухомий склад - інфраструктура та шляхів мінімізації витрат на її створення та експлуатацію.

---

### **Визначення критеріїв якості транспортних послуг**

---

Як зазначалося вище, високий рівень якості послуг є основою функціонування будь-якого транспортного підприємства. Критерії якості транспортних послуг базуються на основних вимогах споживачів до ринку пасажирських перевезень. Тому більше уваги слід приділяти саме вимогам потенційних клієнтів, а орієнтація на їхнє очікування повинна стати основою роботи пасажирської служби залізниці [13].

Для створення алгоритму прийняття рішень щодо якості транспортних послуг, з метою більш повного усвідомлення переваг і побажань пасажирів, в 2010 році

було проведено анкетування й інтерв'ювання [4]. Всі експерти були поділені на чотири групи: перша група – люди, що працюють в великих фірмах, які змушені по роботі відвідувати велику кількість конференцій (міжрегіональні та міжнародні), виставок у різних сферах діяльності; друга група – туристи, що багато подорожують; третя група – більш літні люди, що досить часто вдаються до послуг залізничного транспорту та мають змогу порівняти якість та вдосконалення обслуговування за декілька десятків останніх років; четверта група – група приватних осіб, яка користується послугами залізниці для задоволення своїх цілей (наприклад для відвідування ділових зустрічей в різних містах).

В подальшому методом ранжирування визначено значимість дванадцяти критеріїв сервісу на залізниці, розраховано коефіцієнт важливості кожного варіанта. Аналіз отриманих коефіцієнтів важливості дозволив зробити висновок, що найбільш важливими критеріями, що впливають на вибір рухомого складу пасажирами є ціна (коефіцієнт важливості  $\beta=0,12$ ), час ( $\beta=0,14$ ) та умови (комфорт) ( $\beta=0,14$ ) поїздки, відповідність графіку руху ( $\beta=0,11$ ), зручність маршруту ( $\beta=0,10$ ). Інші критерії оцінки мали значно менші значення коефіцієнта оцінки.

Аналогічні результати були отримані в ході проведення досліджень по визначенню конкурентних позицій залізничного транспорту у порівнянні з основним конкурентом – автомобільним транспортом іншими дослідниками [14]. Анкетування 242 респондентів показало, що при виборі виду транспорту пасажир керується такими показниками, як швидкість, зручність графіку руху, комфортність під час поїздки, можливість пільгового проїзду та інші. Спираючись на ці дані було показано, що автотранспорт займає домінуючі позиції по параметрам, які є головними при виборі виду транспорту пасажирами, а саме – висока швидкість та висока якість обслуговування з боку персоналу. При цьому слід зазначити, що вплив зручності графіку ру-

ху, особливо кількість поїздів за добу, на прийняття рішення суттєво проявляється в приміському сполученні.

Таким чином, на основі проведених досліджень, до переліку критеріїв, за якими оцінюватиметься привабливість пропозицій в пасажирських перевезеннях та визначатимуться характеристики МВРС, входять: вартість послуги (поїздки), час та умови (комфорт) поїздки. До переліку критеріїв не включено відповідність графіку руху та зручність маршруту, бо дані параметри в основному відносяться до області управління перевезеннями.

**Визначення конкурентоспроможних рівнів транспортних послуг в міжрегіональному сполученні методом нечіткого логічного виводу Мамдані**

Як показано вище, конкурентоспроможність МВРС в основному визначається конкретним споживачем за трьома характеристиками, а саме: вартість послуги (поїздки), час та умови (комфорт) поїздки. Вибір оптимального можливого рішення ускладнено наявними протиріччями: так прагнення до зменшення часу поїздки та покращення умов поїздки викличе зростання вартості послуг, що, для більшості споживачів є стримуючим фактором.

Враховуючи той факт, що вибір рішення залишається за споживачем, пропонується до визначення основних задач по забезпеченню конкуренто-здатності пасажирських перевезень залізничним

транспортном долучити самого споживача.

Пропонується методика, суть якої полягає в тому, що умовному споживачу надається алгоритм (деяка процедура) за яким за двома вхідними змінними, значення яких визначає споживач, та за певними правилами визначається вихідна. Вхідні та вихідні змінні назначаються з трьох характеристик, виявлених попередньо, а саме: вартість послуги (поїздки), час та умови (комфорт) поїздки. Дану задачу можна розглядати як процес отримання висновку на основі нечітких умов або даних з використанням понять нечіткої логіки. Цей процес об'єднує в собі всі основні концепції теорії нечітких множин: функція приналежності, лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції, методи нечіткої імплікації та нечіткої композиції.

Структуру системи отримання нечіткого виводу  $z$  при двох вхідних параметрах  $x$  та  $y$  показано на рис. 1.

Для побудови системи розглядаються міжрегіональні поїзди з сидячими місцями. Вхідними величинами обрано вартість поїздки та комфортні умови, а вихідною – час поїздки. В якості алгоритму нечіткого виводу взято алгоритм Мамдані.

На першому етапі побудови моделі кожній вхідній  $x$  (вартість поїздки),  $y$  (комфортні умови) та вихідній  $z$  (час поїздки) змінним привласнено набір функцій приналежності  $\mu(\cdot)$ , яким було надано відповідне найменування. В результаті чого отримано нечіткі множини  $A = \{\mu_A(x)/x\}$ ,  $B = \{\mu_B(y)/y\}$  та  $C = \{\mu_C(z)/z\}$ .

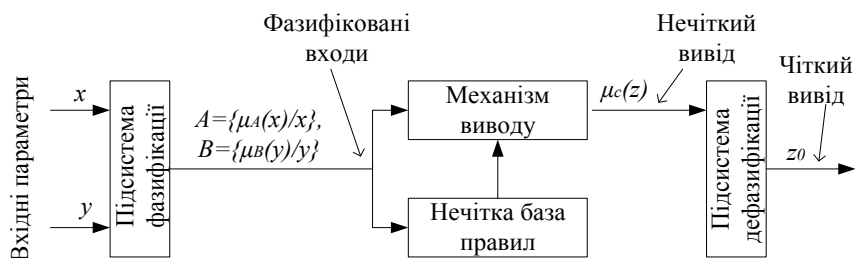


Рис.1. Типова структура системи нечіткого виводу

Відомо, що згідно алгоритму нечіткого виводу Мамдані для кожного з правил  $i = 1 \dots m$  бази правил в механізмі виводу для посилянь  $x_0, y_0$  визначаються:

1) рівні відсічення для лівої частини правил:

$$\alpha_i = \min_i(A_i(x_0), B_i(y_0)) \quad (1)$$

2) відсічення функції приналежності

$$C^*_i(z) = \min_i(\alpha_i, C_i(z)) \quad (2)$$

3) композиція, або об'єднання отриманих усічених функцій  $C^*_i(z_0)$ , для чого використовується максимальна композиція нечітких множин. Внаслідок цього отримується нечітка підмножина для змінної виходу з функцією приналежності:

$$\mu_C(z) = \max_i(C^*_i(z)) \quad (3)$$

Переведення до чіткості (дефазифікація), тобто, визначення  $z_0$ , відбувається шляхом пошуку центра ваги за формулою

$$z_0 = \frac{\int z \mu_C(z) dz}{\int \mu_C(z) dz} \quad (4)$$

Що стосується вибору діапазонів базових змінних (вхідних та вихідних параметрів), то пропонується наступний підхід:

- діапазон рівня комфорту - від 0 до 10 (у балах). Максимальний рівень комфорту відповідає 10 балам, а мінімальний – 0;

- діапазон часу поїздки – від максимального часу поїздки (визначається як результат ділення відстані між кінцевими пунктами на маршрутну швидкість поїздів пасажирського сполучення) до мінімального часу поїздки (при використанні послуг авіаційного перевізника з врахуванням часу, що витрачається при переїзді між аеропортом та пунктом призначення);

- діапазон вартості проїзду (в гривнях) – від мінімальної вартості, яка визначається вартістю проїзду поїздом в пасажирському сполученні при мінімальних умовах комфорту до максимальної - при

використанні послуг авіаційного перевізника.

Запропонована методика дозволяє визначити та оцінити необхідні рівні транспортних послуг при забезпеченні міжрегіонального пасажирського сполучення залізничним транспортом за трьома критеріями (вартість послуги, час та умови (комфорт) поїздки) з залученням безпосередньо споживача послуги, що, слід очікувати, сприятиме досягненню конкурентоспроможності пасажирських перевезень.

Беручи до уваги той факт, що транспортними послугами користуються пасажирів умовно різних категорій, їх вибір за зазначеними критеріями, найбільш імовірно, різнитиметься. Для зближення їх позицій по спільній характеристиці (числовому значенню) для всіх категорій - «час поїздки», доцільно, після визначення на першому етапі за методом нечіткого логічного виводу величини характеристики транспортної послуги «час поїздки», провести уточнення характеристики «умови комфорту» при вибраній однаковій для всіх категорій характеристиці «час поїздки» та характеристиці «вартість послуги». Проведення даного додаткового етапу дозволить узгодити для всіх категорій пасажирів прийнятне значення параметру «час поїздки» та визначити по категоріям характеристики «умови комфорту» та «вартість послуги». На рис.2 представлена структурна схема алгоритму уточнення рівнів транспортних послуг з максимальним урахуванням вимог пасажирів всіх категорій, де:  $x_{0i}$  - «умови комфорту»;  $y_{0i}$  - значення параметру «вартість послуги»;  $z_{0i}$  - значення параметру «час поїздки»;  $z_{ET}$  - узгоджене для всіх категорій пасажирів значення параметру «час поїздки»;  $\Delta z$  – допустиме відхилення параметру «час поїздки» від узгодженого значення  $z_{ET}$ ;  $x^*_{0i}$ ,  $y^*_{0i}$  - значення параметрів відповідно «умови комфорту» та «вартість послуги» при  $z_{ET}$ ;  $i = 1..N$  – категорії пасажирів.

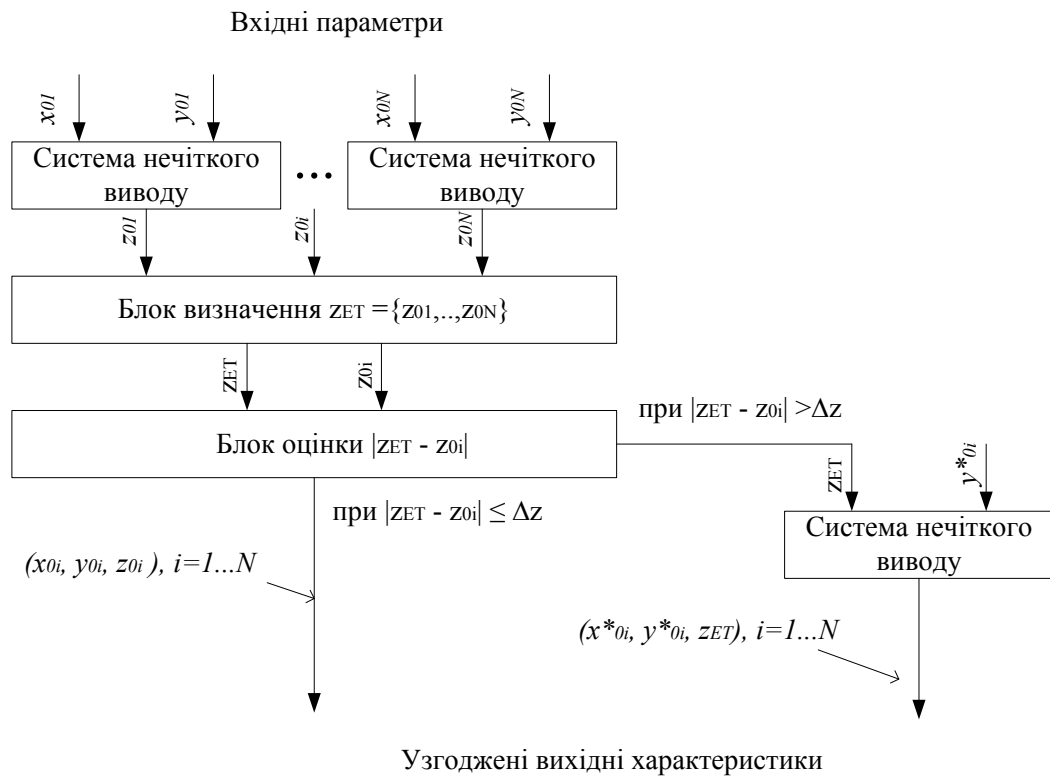


Рис. 2 Структурна схема алгоритму уточнення рівнів транспортних послуг з максимальним урахуванням вимог пасажирів всіх категорій

**Методологія визначення швидкісних характеристик МВРС з врахуванням відносної важливості критеріїв**

Отримана, в результаті проведених досліджень, прийнятна для потенційних споживачів на конкретному маршруті така характеристика транспортних послуг як час поїздки, дозволяє визначити маршрутну швидкість та перейти безпосередньо до вибору однієї з основних технічних характеристик МВРС - конструкційної швидкості та відповідно максимальної експлуатаційної.

Відомо, що рівень організації міжрегіонального швидкісного руху прийнято характеризувати двома основними категоріями швидкості руху – максимальною та маршрутною швидкостями руху. Максимальна швидкість руху характеризує загальний рівень техніки, а маршрутна – вплив експлуатаційних умов. Маршрутну швидкість можна визначити як

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot t_i}{T}, \quad (5)$$

де  $V_i$ ,  $t_i$  - відповідно швидкість та час руху на  $l_i$ - му відріжку ділянки;  
 $n$  - загальна кількість відрізків, на які розділено ділянку;

$T = \sum_{i=1}^n t_i$  - загальний час руху на ділянці.

Оцінити вплив обмежень швидкості руху на відріжку шляху заданої довжини на ділянкову маршрутну швидкість дає змогу коефіцієнт ефективності використання максимальної швидкості:

$$u = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i^*}{V_i^*}}, \quad (6)$$

де  $u = \frac{V}{V_M}$  - коефіцієнт ефективності використання максимальної швидкості



$V_M$  на ділянці довжиною  $L$ ;

$$l_i^* = \frac{l_i}{L} \text{ - частка довжини відрізка } l_i$$

від загальної довжини  $L$  ділянки;

$$V_i^* = \frac{V_i}{V_M} \text{ - відношення величини}$$

швидкості руху на  $i$ - му відрізку до максимальної швидкості руху.

$$L = \sum_{i=1}^n l_i \text{ - загальна довжина ділянки,}$$

яка складається з  $n$  відрізків довжиною  $l_i$ .

В якості ілюстрації впливу на прийняття рішення щодо визначення швидкісних характеристик МВРС наявності обмежень швидкості руху на маршруті, розглянемо випадок коли ділянка маршруту складається з двох однакової довжини відрізків, рух на одному з яких має обмеження по швидкості. На рис.3 показано залежність необхідної для забезпечення сталості маршрутної швидкості в 120

км/год швидкості руху  $V_{max}$  на ділянці де відсутнє обмеження швидкості, від швидкості руху на іншій ділянці, де введено обмеження  $V_{min}$ . Як видно з графіка, при наявності обмеження швидкості руху 100 км/год, на іншій ділянці достатньо забезпечити швидкість руху 150 км/год, а у випадку ж обмеження швидкості руху до 80 км/год –забезпечити на ділянці, де обмеження відсутні, потрібна швидкість руху 240 км/год.

Приймаючи до уваги той факт, що МВРС є складовою частиною транспортної системи, і його залежність від існуючої інфраструктури, питання визначення його швидкісних характеристик для забезпечення заданої маршрутної швидкості можна віднести до тих комплексних задач, що потребують врахування як технічної так і вартісної сторони даної проблеми.

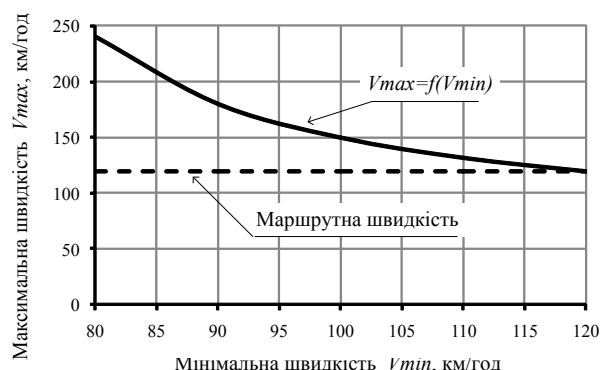


Рис. 3 Залежність максимальної швидкості руху при наявності швидкісних обмежень і сталій величині маршрутної швидкості

Зрозуміло, що дана задача багатокритеріальна і відноситься до задачі вибору найкращого проектного рішення [15]. Відомо, що постановка всякої задачі багатокритеріального вибору потребує наявності [16]:

- множини  $X$  можливих рішень;
- векторного критерію  $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ , де  $f_i, i=1, \dots, m$  – цільова функція;
- відношення  $\succ$  категоричної переваги.

Знання векторного критерію  $f$  і безлічі можливих рішень  $X$  дозволяє знайти

множину Парето  $P_f(X) \subset X$  (рішень, оцінок) ( $P_f(X) = \{x^* \in X \mid \text{не існує, такого, що } f(x) \geq f(x^*)\}$ ). Так як вибір оптимальних рішень  $Opt X$  слід проводити серед недомінуємих рішень  $Ndom X$  ( $Ndom X = \{x^* \in X \mid \text{не існує, такого, що } x \succ x^*\}$ ), необхідно виключити всі домінуємі рішення з  $P_f(X)$  [16].

У випадку, коли отримано не одне а декілька оптимальних рішень, і для особи (колективу) що приймає остаточне рішення

ня при рішенні даної задачі багатокритеріального вибору критерії нерівноцінні (наприклад, один з критеріїв більш важливий ніж інший (інші)), доцільно застосувати метод, розроблений в рамках теорії відносної важливості критеріїв, суть якої полягає в тому, що для особи (колективу) що приймає остаточне рішення  $i$ -й критерій важливіший  $j$ -го, якщо всякий раз при виборі з пари векторів особа (колектив) що приймає остаточне рішення готова пожертвувати певною кількістю  $w_j^*$  по менш важливішому  $j$ -му критерію заради отримання додаткової кількості  $w_i^*$  по більш важливному  $i$ -му критерію при умові збереження всіх інших значень критеріїв. При цьому коефіцієнтом відносної важливості критеріїв для вказаної пари векторів є

$$k_{ij}^* = \frac{w_j^*}{w_i^* + w_j^*} \quad [16]$$

Проілюструємо сказане прикладом за методологією, викладеної в роботі Ногіна В.Д. [16]. Припустимо, що для забезпечення на заданому маршруті маршрутно-ї швидкості  $V_m$  розглядається вибір найкращого з трьох проектів, де передбачено застосування поїздів з максимальними швидкостями руху  $V1$ ,  $V2$  та  $V3$ , причому  $V1 > V2 > V3$ . При оцінці проектів враховувались також витрати на інші системи, необхідні для забезпечення зазначеної транспортної послуги.

Таким чином, розглядається вибір найкращого з трьох проектів, що складають множину парето – оптимальних рішень  $P_f(X) = X$  і характеризуються наступними даними: вартість першого складає 17, другого – 13 і третього – 10 одиниць, а планований середньорічний прибуток очікується 7, 3 і 2 одиниць, відповідно.

Вказаному завданню відповідає наступна модель багатокритеріального ви-

бору:  $f = (f_1, f_2)$ ,  $X = \{x', x'', x'''\}$ , де  $f(x') = (-17 \ 7)$ ,  $f(x'') = (-13 \ 3)$ ,  $f(x''') = (-10 \ 2)$ . Перші компоненти векторів оцінок отримали від'ємні значення, оскільки критерій  $f_1$  (вартість проекту) підлягає мінімізації.

Задачею передбачено, що особа (колектив) обмежена в засобах, і тому вважає перший критерій важливіше другого з коефіцієнтом відносної важливості  $k_{12} = 0.5$ . Відповідно до теореми [16], згідно якій  $P_g(X) \subset P_f(X)$  виконується при умові коли  $i$ -й критерій важливіше  $j$ -го з коефіцієнтом відносної важливості  $k_{ij}$  ( $0 < k_{ij} < 1$ ), а вектор - функція  $g = (g_1, g_2, \dots, g_m)$  має вигляд

$$g_j = k_{ij} \cdot f_i + (1 - k_{ij}) \cdot f_j, \quad (7)$$

$g_s = f_s$  для всіх  $s \in I$ , крім  $s=j$ ,

числові значення складових вектора функції визначатимуться за формулами:  $g_1 = f_1$ ,  $g_2 = 0.5f_1 + 0.5f_2$ .

Враховуючи вище зазначене отримаємо наступні значення  $g(g_1, g_2)$  для трьох проектів, що розглядаються:  $g(x') = (-17 \ -5)$ ,  $g(x'') = (-13 \ -5)$  та  $g(x''') = (-10 \ -4)$ .

Аналіз отриманих результатів дає можливість зробити висновок, що з трьох розглянутих проектів при коефіцієнті відносної важливості  $k_{12} = 0.5$  оптимальним може бути лише третій варіант, де передбачено застосування поїздів з максимальними швидкостями руху  $V3 < (V1, V2)$ .

Схему послідовності виконання дій по визначенню швидкісних характеристик МВРС наведена на рис.4.

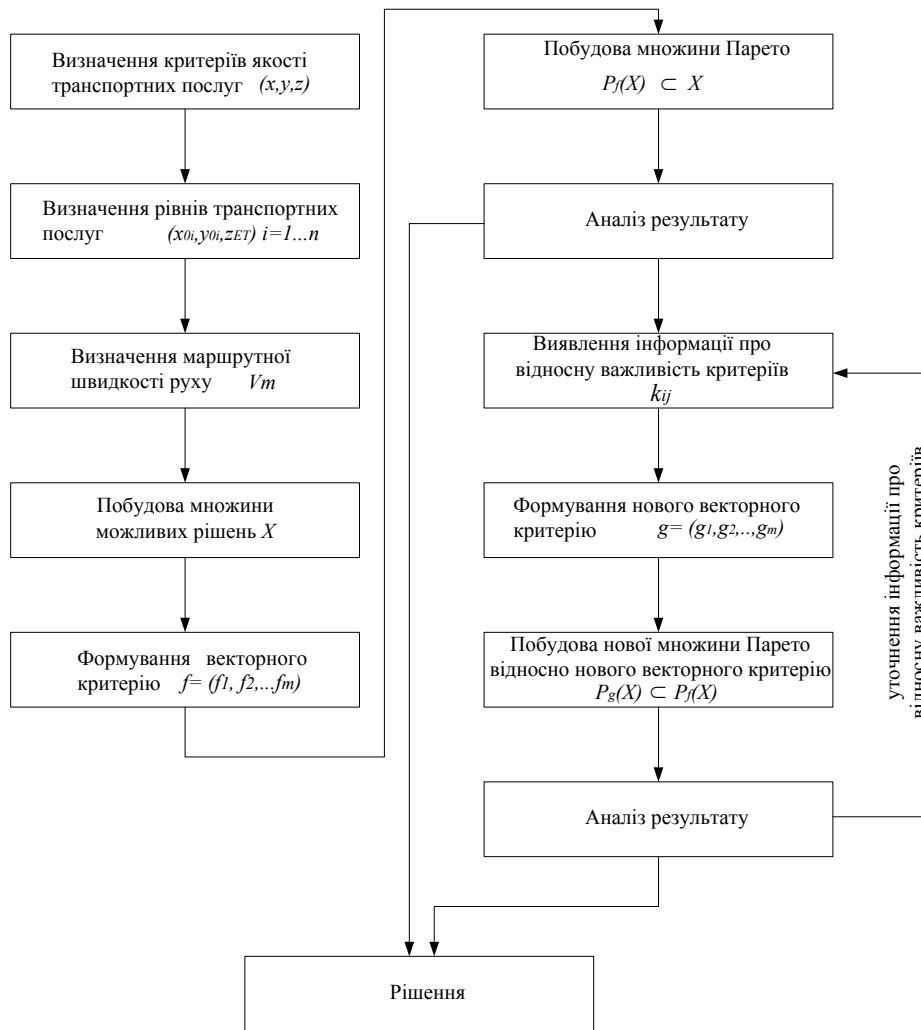


Рис. 4 Схему послідовності виконання дій по визначенню швидкісних характеристик МВРС

**Аналіз відповідності технічного стану вітчизняного МВРС вимогам міжрегіонального пасажирського сполучення**

Проведений аналіз [11] характеристик МВРС провідних виробників показав, що в основу їх конструктивних концепцій покладені наступні принципи:

- висока експлуатаційна швидкість;
- комфортабельні умови для пасажирів;
- дотримання екологічних вимог;
- високий рівень надійності та ремонтоздатності.

З метою зменшення загальної маси

поїзда, та рівномірного розміщення обладнання по вагонам, конфігурація поїздів секційна (секція являє собою функціонально завершену одиницю в яку можуть входити декілька вагонів). Як правило, максимальне навантаження на вісь знаходиться в межах 14÷17 т.

Візки характеризуються високою плавністю ходу та оптимальними динамічними характеристиками. У більшості випадках перша ступінь ресорного підвішування виконана у вигляді сталевих пружин. Друга ступінь утворена пневматичними ресорами. Вертикальні та горизонтальні коливання вагонів гасяться гідрав-

лічними амортизаторами. На деяких поїздах (наприклад Rail Star) для поліпшення плавності ходу додатково встановлено гасителі повздовжніх та поперечних коливань між кузовами вагонів.

Електричні частини більшості секцій мають не менше двох комплектів тягового та допоміжного електричного обладнання. Це зроблено з метою збереження працездатності при відмові одного тягового агрегату, або відповідного йому допоміжного обладнання. У випадку, коли застосовується лише один пристрій (наприклад струмоприймач) - він має велику надійність. Крім того, для експлуатації поїзди формуються з декількох базових секцій. На МВРС застосовуються асинхронні тягові двигуни та статичні перетворювачі. Тягові перетворювачі, як правило, складаються з вхідного чотирьох квадрантного регулятора, проміжної ланки постійної напруги, імпульсного інвертора. Високі гармоніки гасяться поглинаючою ланкою. Для зменшення зворотного впливу на контактну мережу, чотирьох квадрантні регулятори перетворювачів працюють з тактовим зміщенням. Тягові перетворювачі виконані з модулів. Окремі модулі можна замінити не зачіпаючи інших. В якості елементної бази перетворювача застосовують в переважній більшості IGBT- транзистори.

Враховуючи, що значну частину витрат складають витрати на технічне обслуговування протягом всього терміну експлуатації поїзда, широко застосовується:

- принцип модульності вузлів та компонентів і простота та оперативність їх заміни;
- система діагностування;
- використання сучасних матеріалів та надійного обладнання.

Характерним для швидкісного МВРС є те, що значна увага приділена внутрішньому плануванню вагонів з метою забезпечення максимальних зручностей для пасажирів різних категорій, в тому числі для пасажирів з обмеженими мож-

ливостями.

Що стосується вітчизняного рухомого складу, то суттєвих концептуальних змін за останні десятиліття по переважній більшості прийнятих технічних рішень по системам не відбулося. Так, наприклад, тягові електричні передачі базуються на використанні колекторних тягових електричних двигунів постійного (пульсуючого) струму та комутаційних елементів, за допомогою яких регулюється їх напруга живлення. Не відбулося суттєвих змін і в принципі побудови ходової частини та забезпеченні відповідної плавності ходу [11].

Загалом, системи вітчизняного МВРС складаються з великої кількості елементів, що ускладнює їх обслуговування та побудову системи діагностування.

Впровадження ж систем, побудованих на використанні сучасної елементної бази, як правило, потребує додаткових рішень по узгодженню їх з штатними.

В цілому ситуацію, щодо оцінки відповідності вітчизняного МВРС вимогам міжрегіонального пасажирського сполучення, можна розглядати як таку, що:

1) в даному вітчизняному МВРС при його створенні та розвитку як системи реалізована певна концепція;

2) наявність зовнішніх та внутрішніх причин, таких, наприклад, як зміна умов зовнішнього середовища, поява нової елементної бази, впровадження якої приводить до конфлікту в існуючій системі, безперервне кількісне зростання диференційованих елементів системи в обмеженому просторі та інше вказує на те, що існуючий вітчизняний МВРС досягнув граничного порогу розвитку;

3) досягнення вітчизняним МВРС граничного порогу розвитку можна розглядати як початок виникнення нової системи.

Таким чином, вітчизняний МВРС потребує якісної зміни. Крім цього, розглядати питання якісної зміни систем вітчизняного МВРС без врахування зовнішнього впливу інших систем, таких як система електропостачання, система колійно-

го господарства та інших, означало б звуження пошуку оптимальних рішень по забезпеченню конкурентоспроможності пасажирського перевезення залізничним транспортом. В якості додаткових до основних напрямків удосконалення систем можна виділити наступні:

- мінімізація втрат електроенергії в системі рухомий склад – система електропостачання;
- моніторинг та відповідне корегування режимів роботи рухомого складу в функції збурюючи факторів, що виникають в системі рухомий склад – колія – система електропостачання.

---

### Висновок

---

Запропонована методологія вибору раціональної стратегії визначення характеристик перспективного МВРС в рамках забезпечення конкурентоспроможності пасажирського сполучення залізничним транспортом. Основними етапами вибору є: визначення критеріїв якості транспортних послуг та відповідно множину рішень щодо властивостей рухомого складу; визначення критеріїв оцінки та процедури прийняття рішень щодо оптимального вибору характеристик.

В рамках проведених досліджень оцінено технічний стан вітчизняного МВРС та відмічено, що в цілому системи вітчизняного МВРС досягли граничного порогу розвитку і для забезпечення конкурентоспроможності пасажирського міжрегіонального сполучення залізничним рухомих складом потребують якісної зміни з врахуванням як внутрішніх, так і зовнішніх чинників.

Наведені методологічні підходи дозволяють проводити подальші роботи по вибору раціональних рішень щодо характеристик рухомого складу.

### Список літератури

1. Мороз В.І. Генетичний та методо-

логічний аспекти створення технічних засобів нового покоління для залізничного транспорту [Текст] / В.І. Мороз// Залізничний транспорт України. - 2000. - №5-6. - С.61-62.

2. Мороз В.І. Методологічний аспект формалізованого описання і оцінювання механічної досконалості конструкції транспортних технічних засобів [Текст] / В.І. Мороз: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип.64. – С.31 – 38.

3. Мельник Т.С. Практичні аспекти застосування традиційних прийомів факторного аналізу як основа стратегічного планування розвитку пасажирського комплексу залізничного транспорту України [Текст] / Т.С. Мельник, О.В. Христофор // Вагонний парк. – 2009. - №9-10. – С.12 -15.

4. Яцько С.І. [Методика](#) прогнозування конкурентоспроможності пасажирських перевезень [Текст] / С.І. Яцько, Ю.А. Євтушенко: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010, - Вип.119. – С.142-147.

5. Аксенов І.М. Ефективність пасажирських залізничних перевезень [Текст]/ І.М. Аксенов. - К.: Транспорт України, 2004.-284 с.

6. Гудкова В.П. Обґрунтування тарифів на пасажирські перевезення [Текст] / В.П. Гудкова// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. - № 2. – С. 51 – 55.

7. Громова О.В. Маркетинговий аспект підвищення економічної ефективності залізничних транспортних перевезень [Текст]/ О.В. Громова: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 54. – С. 45 – 49.

8. Шеррер Б. Железные дороги в общетранспортной среде [Текст]/ Б.Шеррер, Г. Нидеггер//Железные дороги мира.- 2003.-№10.-С.47-50.

9. Калініченко Л. Л. Розробка концепції конкурентоспроможності підприємств [Текст]/ Л. Л. Калініченко // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2009. – № 28. –С. 156 – 160.

10. Якименко Н. В. Методологічні аспекти конкурентоспроможності залізничного транспорту [Текст]/ Н. В. Якиме-

нко // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2009. – № 28. – С. 104 – 109.

11. Басов Г.Г. Развитие электричного мотовагонного рухомого складу. Ч.2 [Текст] / Г.Г. Басов, С.І. Яцько – Харків: «Апекс+», 2005.- 248с.

12. Оптнер С.Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем [Текст] / С.Л. Оптнер. – М.: Изд-во «Советское радио», 1969. – 216 с. (Пер. с англ. С.П. Никанорова)

13. Бешелев С.Д. Экспертные оценки [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич – М.: Наука, 1973. - 160 с.

14. Наумова О. Е. Удосконалення системи сервісного обслуговування пасажирів на Південній залізниці на підставі результатів маркетингового дослідження [Текст]/ О.Е. Наумова, О.І. Антонова, Л.В. Головань// Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2011. – № 34. –С. 212 – 217.

15. Подиновский В.В., Парето - оптимальные решения многокритериальных задач [Текст]/ В.В. Подиновский, В.Д.

Ногин. – М.: Наука, 1982, - 255 с.

16. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде. количественный подход [Текст] / В.Д. Ногин.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с.

### Анотації:

В статті розглянуто питання вибору раціональної стратегії визначення характеристик мотовагонного рухомого складу з метою покращення конкурентоспроможності пасажирського сполучення залізничним транспортом.

В статье рассмотрены вопросы выбора рациональной стратегии определения характеристик мотор - вагонного подвижного состава с целью улучшения конкурентной возможности пассажирского сообщения железнодорожным транспортом.

In the article the questions of choice are considered rational strategists of determination of descriptions of electric mobile composition with the purpose of improvement of competition possibility of passenger report a railway transport.