

**А. П. ГОРБУНОВ**, канд. техн. наук, Національна академія Національної гвардії України, Харків

## **НОВА КОНСТРУКЦІЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ І МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Представлено нову конструктивну схему автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту, котрий буде забезпечувати суттєве зниження витрат пального і викиди шкідливих речовин в атмосферу. Концепція, що пропонується нами, передбачає в автотранспортному засобі для міського маршрутного транспорту ( АТЗММТ ) наявність приладів і пристосувань котрі забезпечують рух АТЗММТ на спуску на електричній тязі від акумуляторних батарей, а на підйом і по горизонтальній дорозі тільки на тязі двигуна внутрішнього згоряння ( ДВЗ

**Ключові слова:** міський транспорт, електрична тяга, пасажирські перевезення, гібридна силова установка

**Вступ.** Надійна та ефективна робота пасажирського транспорту в містах є одним з найважливіших показників соціально-політичної та економічної стабільності держави. Міський пасажирський транспорт (МПТ) забезпечує основну частину трудових поїздок населення, безпосередньо впливаючи на ефективність функціонування системи міського господарства, підприємств, організацій, установ та всіх галузей економіки регіонів й країни. На сьогоднішній основні наукові дослідження в галузі МПТ спрямовано на визначення закономірностей процесів перевезення пасажирів у великих і малих містах, моделювання процесів пасажирських перевезень і потреб населення в пересуваннях, на розробку різноманітних методик проектування міських транспортних систем та організації руху міського транспорту [1–3]. В той же час, на нашу думку, не достатньо уваги приділяється науковим розробкам котрі, було б присвячено створенню нових конструктивних рішень автотранспортних засобів для міського маршрутного транспорту ( АТЗММТ ).

**Огляд останніх досліджень і літератури.** За останні декілька десятиріч конструктивні схеми АТЗММТ практично не змінилися і в порівнянні з сучасними досягненнями автомобілебудування мають суттєві недоліки. Основним недоліком більшості АТЗММТ (різноманітні автобуси, маршрутні таксі ) є значні показники по витратам пального і шкідливим викидам в атмосферу, що обумовлено роботою двигунів на зупинках і в так званих « пробках » . Використання традиційних механічних коробок передач, котрі в умовах пасажирського руху в містах за рахунок частих розривів потоку потужності під час перемикання також призводять до певних втрат пального.

Окрім наведених недоліків більшість конструкцій автобусів і маршрутних таксі мають застарілі схеми трансмісій, не досконалі гальмівні системи та системи пуску двигунів і ін. До автотранспортних засобів з сучасними трансмісіями відносяться гібридні автомобілі і електромобілі [4–7].

Автомобілі з гібридними силовими установками мають наступні переваги

перед звичайними: ощадлива експлуатація; менше зношування гальмових колодок; зниженням обсягу й потужності двигуна; робота двигуна в оптимальному й рівномірному режимі, у набагато меншій залежності від умов їзди; повна зупинка роботи двигуна, коли це необхідно; можливість безшумного руху тільки на електродвигунах; рекуперативне гальмування із зарядкою акумулятора і ін. В порівнянні з конструкціями автомобілів, котрі використовують двигуни внутрішнього згорання, електромобілі також мають суттєві переваги: екологічну чистоту приводу (нульові викиди в місці використання); можливість стояти в пробках, не витрачаючи енергії для підтримки роботи двигуна на холостому ходу; можливість інтеграції в енергосистему для вирівнювання нічного падіння споживання електроенергії; при використанні сучасних емних акумуляторних батарей принципово можливе використання енергії, накопиченої в електромобілі за ніч для згладжування піків енергоспоживання вдень.

Основним недоліком електромобілів є відносно малий запас ходу без заряджання, який обмежується вагою акумуляторної батареї. При масовому переході на використання електромобілів встане проблема розширення мережі електростанцій - при повному переході з автотранспорту на електромобілі потрібно буде збільшити потужність електростанцій в 1,5-2 рази. Відповідно з цим, встане проблема збільшення кількості ліній електропередач. При широкому розповсюдженні електромобілів доведеться значно розширити виробництво акумуляторів, а також побудувати велику кількість підприємств по переробці відпрацьованих батарей.

*Метою статті є висвітлення матеріалів з нової конструкції автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту, котрий буде забезпечувати суттєве зниження витрат пального і викиди шкідливих речовин в атмосферу, а також представлення методики визначення його основних параметрів.*

**Опис концепції нового транспортного засобу в якому використовується енергія рекуперативного гальмування та алгоритм роботи гібридної силової установки.** Серед резервів економії пального дуже мало приділялось і приділяється уваги питанням використання кінетичної енергії котра закладена нахилом дороги під час руху автомобіля. На сьогодні ця енергія більш - менш вивчена з позицій рекуперативного гальмування. Вважаючи на те, що питання використання енергії котру може забезпечити нахил дороги під час руху вниз є новим, на першому етапі досліджень межі питання економії пального і покращення екологічних показників розповсюдимо на міський маршрутний транспорт. Концепція, що пропонується нами, передбачає в автотранспортному засобі для міського маршрутного транспорту ( АТЗММТ ) наявність приладів і пристосувань котрі забезпечують рух АТЗММТ на спуску на електричній тязі від акумуляторних батарей, а на підйом і по горизонтальній дорозі тільки на тязі двигуна внутрішнього згорання ( ДВЗ ). Окрім цього, під час розробки концептуального АТЗММТ , пропонується врахувати умови руху маршрутного транспорту в великих містах – низькі швидкості, затори на перехрестях, мостах, вузьких дільницях проїжджих частин доріг (так звані пробки ) та сучасні вимоги до екології. Конструктивно АТЗММТ повинно мати основні елементи гібридного автомобіля, при цьому першою основною відзнакою буде відсутність окремого генератора електричного струму, а другою наявність потужної акумуляторної

батареї заряд котрої передбачається, як у електромобіля, на стаціонарному зарядному пункті ( на приклад на одній з кінцевих зупинок маршруту ).

Апаратура керування роботою трансмісії повинна забезпечувати автоматичне включення ДВЗ при русі по горизонталі та вверх, рух у пробках - в режимі електромобіля, рух вниз - також в режимі електромобіля. Такий порядок керування дозволить, в залежності від профілю дороги маршруту в вертикальній площині, при русі вниз і у пробках виключити шкідливі викиди, а під час руху вниз використати частково кінетичну енергію нахилу дороги і зменшити витрати пального на конкретному маршруті. Суттєвий науковий внесок в розвиток гібридних автомобілів зробив проф. Бажинов О. В. [ 4 ].

Ним запропоновано структурну схему гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ (рис. 1.) Згідно розробленому алгоритму (рис. 2 ) автомобіль до швидкості 30 км/год здійснює рух на електротязі. При подальшому збільшенні швидкості, або розрядженні блока акумуляторних батарей примусово включається ДВЗ, а електродвигун автоматично відключається.

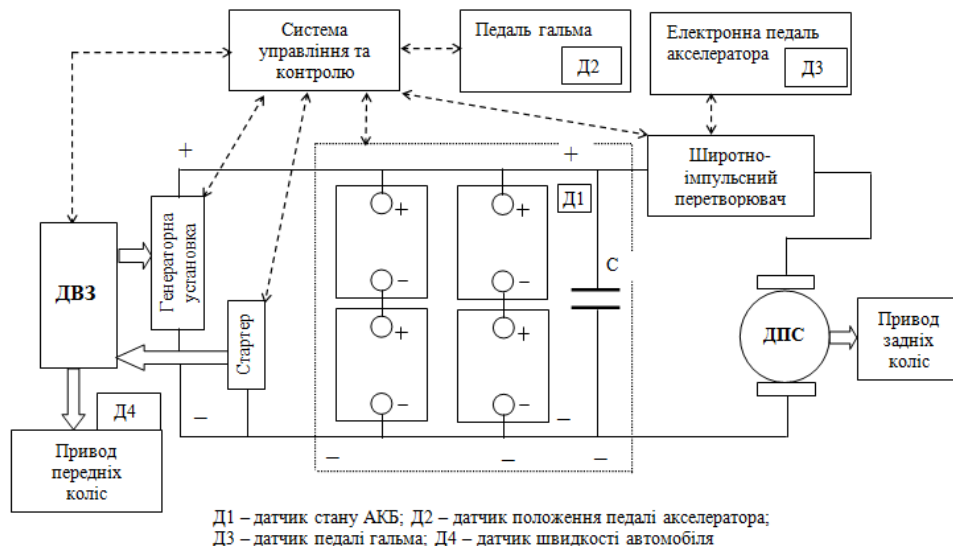


Рис. 1 – Структурна схема гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ

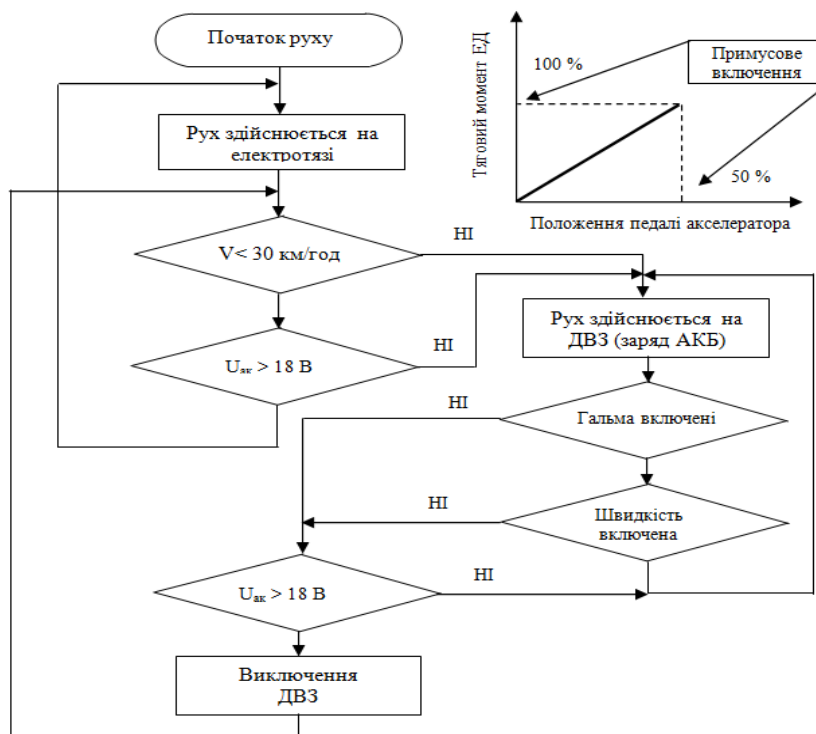


Рис. 2 – Алгоритм роботи гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ

При натисненні на педаль гальма автоматично відключається ДВЗ. Далі алгоритм повторюється. Конструктивну схему АТЗММТ що пропонується приведено на рис. 3. Автотранспортний засіб уявляє собою самохідне шасі до складу якого надходить рама 6 поперек котрої встановлено дизельний двигун 2, котрий поєднано через перехідний редуктор 1 з автоматичною коробкою передач 8. До автоматичної коробки передач приєднано редуктор переднього ведучого моста 7. В задній частині автотранспортного засобу встановлено електричний двигун-генератор 3 котрий через гідравлічну багатодискову муфту карданним валом 4 поєднано з редуктором заднього ведучого моста 5. Більш детально конструктивна схема приводу переднього моста представлена у [8].

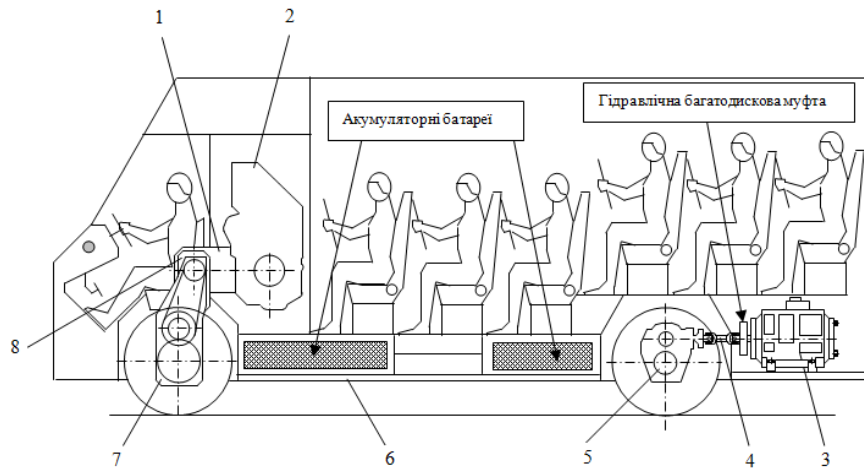


Рис. 3 – Конструктивна схема АТЗММТ

Робота АТЗММТ відбувається за наступним алгоритмом.

При русі по горизонталі та вгору працює ДВЗ, при цьому гідравлічна багатодискова муфта вимкнена, а електричний двигун-генератор від'єднано від задніх коліс. При натисненні на педаль гальма багатодискова гідравлічна муфта автоматично вмикається, електричний двигун-генератор поєднується з редуктором заднього моста, а електрична система входить режим рекуперативного гальмування, забезпечуючи додаткову зарядку акумуляторної батареї. На зупинках і в пробках ДВЗ автоматично вимикається. Під час початку руху з зупинок спрацьовує пускова система ДВЗ «старт – стоп». Рух вниз і у пробках відбувається в режимі електромобіля без використання ДВЗ.

Розрахунки параметрів двигуна і трансмісії переднього ведучого моста виконуються за загально прийнятими методиками [8,9,10].

В основу розрахунків електричної частини АТЗММТ пропонується закладати параметри що характеризують ділянки дороги зі спусками, кути нахилу котрих забезпечать мінімальні витрати електричної енергії на рух транспортного засобу. Тобто необхідно визначити довжину ділянок з кутом нахилу що забезпечує мінімально можливі витрати енергії на рух.

Виходячи з основних положень теорії автомобілів для розрахункової схема на рис. 4 маємо таке рівняння

$$G_a \cdot \sin \alpha = (f \cdot G_a \cdot \cos \alpha + \frac{J_{\dot{\epsilon}}}{r_0} \cdot \frac{d\omega}{dt} + k_r \cdot \dot{A}_r \cdot V^2) / \eta_{\delta\delta} . \quad (1)$$

Розділивши всі члени рівняння на  $G_a$  маємо значення синуса кута нахилу дороги при якому будуть забезпечені мінімально можливі витрати енергії на рух

$$\sin \alpha = (f \cdot G_a \cdot \cos \alpha + \frac{J_{\dot{\epsilon}}}{r_0} \cdot \frac{d\omega}{dt} + k_r \cdot \dot{A}_r \cdot V^2) / G_a \cdot \eta_{\delta\delta} , \quad (2)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору коченню ( для асфальту  $f = 0,013 \dots 0,02$  );  $G_a$  – сила ваги автомобіля, Н;  $J_k$  – момент інерції коліс,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $r_0$  – радіус кочення колеса без проковзування, м;  $\frac{d\omega}{dt}$  – кутове прискорення колеса,  $\text{с}^{-2}$ ;  $k_n$  – коефіцієнт опору повітря,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$  (для автобусів  $k_n = 0,25 \dots 0,4$ );  $A_n$  – площа лобового опору,  $\text{м}^2$ ;  $V$  – швидкість транспортного засобу, м/с;  $\eta_{\text{тр}}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Площа лобового опору визначається з формули

$$A_n = K_s \cdot B \cdot A, \text{ м}^2$$

де  $K_s$  – коефіцієнт заповнення площі ( для автобусів  $K_s = 0,75 \dots 0,9$  );  $B$  – найбільша ширина автомобіля, м;  $H$  – найбільша висота автомобіля, м.

Вважаючи на незначні мінімальні кути нахилу дороги в формулі ( 2 ) припускаємо що  $\cos \alpha = 1$ . Користуючись формулою ( 2 ) знаходимо мінімальні кути нахилу дороги при яких будуть забезпечені міні-

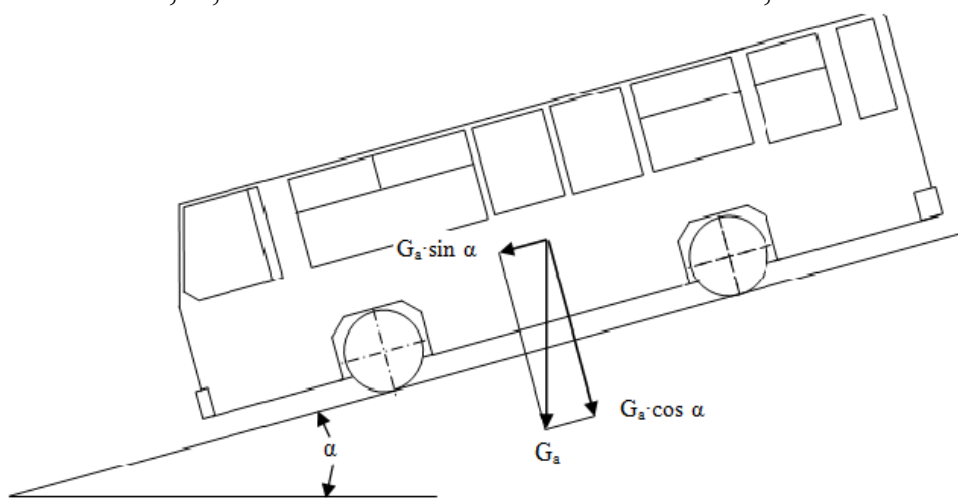


Рис. 4 – Розрахункова схема

мально можливі витрати енергії на рух: автобус Ікарус 280 має  $\alpha_{\min} = 2^{\circ} 18'$ ; автобус ПАЗ – 672 має  $\alpha_{\min} = 2^{\circ} 36'$ ; автобус ЛАЗ – 4200 має  $\alpha_{\min} = 2^{\circ} 24'$ .

## Висновки

1. Основним недоліком більшості АТЗММТ ( різноманітні автобуси, маршрутні таксі ) є значні показники по витратам пального і шкідливим викидам в атмосферу, що обумовлено роботою двигунів на зупинках і в так званих « пробках » .
2. Сучасні АТЗММТ повинні бути оснащені пусковою системою ДВЗ «старт – стоп», котра виключить шкідливі викиди на зупинках та перехрестях доріг.
3. Трансмісії повинні базуватись на автоматичних коробках передач.
4. Мінімальний кут дороги при русі вниз (в режимі електромобіля ) суттєво не залежить від маси АТЗММТ і знаходиться в межах  $2^{\circ} 18' \dots 2^{\circ} 36'$ .
5. Суттєвий вплив на мінімальний кут дороги дають показники коефіцієнту опору коченню. Вважаючи на те, що міські маршрутні автомобільні засоби як правило рухаються по асфальтованим дорогам, пропонується мінімальний кут дороги при русі вниз прийняти рівним  $3^{\circ}$ .
6. Для уточнення мінімального кута дороги доцільно провести експериментальні дослідження на реальних існуючих маршрутах.
7. Також доцільним є вивчення питань щодо співвідношень ємності

акумуляторної батареї і сумарної довжини ділянок маршруту де передбачається рух в режимі електромобіля.

Використання запропонованого автотранспортного засобу в майбутньому може суттєво зменшити витрати пального і знизити рівень шкідливих викидів в атмосферу, що є важливим для всіх міст країни.

**Список літератури:** 1. Любий, Є. В. Визначення попиту на пересування населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук [Текст] / Є. В. Любий // Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2012. 2. Горбачов, П. Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах [Текст] / П. Ф. Горбачов // Монографія – Харків : ХНАДУ, 2009. – 196 с. 3. Калюжний, М. В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук [Текст] / М. В. Калюжний // Донецька академія автомобільного транспорту. Донецьк, 2011. 4. Бажинов, О. В. Гібридні автомобілі [Текст] / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, А. В. Гнатов, А. В. Колесніков // Харків, ХНАДУ, 2008. – 327 с. 5. Мазін, С. П. Дослідження напрямків удосконалення силових установок і трансмісій та пропозиції щодо нової конструкції автомобіля з гібридною силовою установкою для спец підрозділів ВВ МВС України. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України [Текст] / С. П. Мазін, В. М. Франков, О. В. Пархомчук / редкол. : О.О.Морозов та ін. – Х. : Акад. внутрішніх військ МВС України, 2009. – Вип. 2 ( 14 ). – 104 с. 6. Щетина, В. А. Електромобіль: Техніка і економіка [Текст] / В. А. Щетина, Ю. Я. Мордовський, Б. І. Центр, В. А. Богомазов // Под общ. ред. В.А. Щетины – Л.: Машиностроение. Ленингр, 1987. – 253 с. 7. Мазанов, В. Г. Нова конструкція електромобіля і методика визначення його основних параметрів. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України [Текст] / В. Г. Мазанов, О. С. Мазін, А. П. Горбунов, В. М. Франков // Редкол.: О.О.Морозов ( голов ред. ) та ін. – Х.: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2012. – Вип. 1(19). – 108 с. 8. Мазін, С. П. Перспективи створення передньопривідного вантажного автомобіля і методика його комп'ютерного графічного зображення [Текст] / С. П. Мазін, А. І. Каргаєв, О. В. Пархомчук // Збірник наукових праць. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2006. – № 1-2. – С. 32 – 37. 9. Гришкевич, А. І. Автомобілі: Теорія: Учебник для вузов [Текст] / А. І. Гришкевич // Мн.; Выш. шк., 1986. – 208 с. 10. Бажинов, О. В. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика [Текст] / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, В. Я. Двандненко // Архів: ХНАДУ, 2011. – 236 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Lyubij, E. V. (2012). Vznachennya popitu na peresuvannya naseleण्या malix mist marshrutnim pasazhirskim transportom. Avtoreferat disertacii na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata texnichnix nauk. *Xarkivskij nacionalnij avtomobilno-dorozhnij universitet*. Kharkov. 2. Gorbachov, P. F. (2009). Suchasni naukovі pidxodi do organizacii roboti marshrutnogo pasazhirskogo transportu v mistax. *Monografiya*. Kharkov : *KhNADU*, 196. 3. Kalyuzhnyj, M. V. (2011). Vznachennya dovzhini peregonu marshrutu miskogo pasazhirskogo avtomobilnogo transportu. Avtoreferat disertacii na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata texnichnix nauk. *Donecka akademiya avtomobilnogo transportu*. Doneck. 4. Bazhinov, O. V., Smirnov, O. P., Serikov, S. A., Gnatov, A. V., Kolesnikov, A. V. (2008). Gibridni avtomobili. *Xarkiv, KhNADU*, 327. 5. Mazin, S. P., Frankov, V. M., Parxomchuk, O. V. (2009). Doslidzhennya napryamkiv udoskonalennya silovix ustanovok i transmisij ta propozicii shhodo novoї konstrukcii avtomobilya z gibridnoyu silovoyu ustanovkoyu dlya spec pidrozdiliv VV MVS Ukraїni. *Zbirnik naukovix prac Akademii vnutrishnix vijsk MVS Ukraїni*. Redkol. : O. O.Morozov ta in. Kharkov. : Akad. vnutrishnix vijsk MVS Ukraїni, 2 (14), 104. 6. Shhetina, V. A., Mordovskij, Yu. Ya., Center, B. I., Bogomazov, V. A. (1987). Elektromobil: Texnika i ekonomika. *Pod obshh. red. V. A. Shhetiny*. Lviv.: *Mashinostroenie. Leningr*, 253. 7. Mazanov, V. G. Mazin, O. S. Gorbunov A. P., Frankov, V. M. (2012). FrankovNova konstrukciya elektromobilya i metodika viznachennya jogo osnovnix parametriv. *Zbirnik naukovix prac Akademii vnutrishnix vijsk MVS Ukraїni*. Redkol.: O. O.Morozov ( golov red. ) ta in. Kharkov.:

*Akad. vnutrishnix vijsk MVS Ukraïni*, 1(19), 108. **8.** *Mazin, S. P., Kargaev, A. I., Parxomchuk, O. V.* (2006). Perspektivi stvorennya perednoprividnogo vantazhnogo avtomobilya i metodika jogo komp'yuternogo grafichnogo zobrazhennya. *Zbirnik naukovix prac. Kharkov.: Akad. VV MVS Ukraïni*, 1-2, 32 – 37. **9.** *Grishkevich, A. I.* (1986). *Avtomobili: Teoriya: Uchebnik dlya vuzov. Minsk.; Vysh. shk.*, 208. **10.** *Bazhinov, O. V., Smirnov, O. P., Serikov, S. A., Dvadnenko, V. Ya.* (2011). *Sinergetichnij avtomobil. Teoriya i praktika. Kharkov: KhNADU*, 236.

*Надійшла (received) 24.02.2015*

**УДК 656.212**

**В. В. МАЛАШКІН**, канд. техн. наук, доц., ДНУЗТ, Дніпропетровськ

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ**

У статті наведено опис інтелектуальної системи, яка дозволяє виконувати комплексний аналіз конструктивних параметрів та експлуатаційних характеристик колійного розвитку залізничних станцій з метою отримання загальної кількісної оцінки. В основі аналізу лежать процедури визначення кількісних та якісних показників, що характеризують конструкцію колійного розвитку станції. Для отримання кількісної оцінки проектного рішення використаний метод аналізу ієрархій, що адаптований для вирішення задач такого типу.

**Ключові слова:** інтелектуальна система, колійний розвиток, залізнична станція, аналіз ієрархій, кількісна оцінка.

**Вступ.** До сучасних проектів будівництва або реконструкції колійного розвитку залізничних станцій висуваються ряд вимог, основними з яких є не тільки відповідність Державним будівельним нормам [1] та низька вартість, але і високий рівень функціонування, які впливають на кінцевий вибір схеми колійного розвитку. Процес відбору ефективного проектного рішення з сукупності запропонованих варіантів здійснюється шляхом порівняння їх техніко-економічних показників за основним критерієм оцінки – експлуатаційними витрати. Використання єдиного критерію при порівнянні конкурентних варіантів не гарантує вибір найбільш раціонального проектного рішення, оскільки може призвести до неправильної оцінки того або іншого показника, який при певних обставинах може бути досить важливим. Слід відзначити, що існуюча практика оцінки та вибору проектних рішень якісним показникам у варіантах схем станцій, як правило, надає дещо другорядне значення, тому вони враховуються не на основі об'єктивного аналізу, а інтуїтивно.

Формування множини варіантів схем станцій можливе на основі використання системи структурно-параметричних моделей у сукупності з методами автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій [2]. Разом з тим, відсутність у проектних організаціях спеціалізованих інтелектуальних систем підтримки прийняття проектних рішень суттєво зменшує кількість проектних варіантів, що можуть бути розглянуті, та знижує якість їх аналізу і об'єктивної кількісної оцінки.

**Мета роботи.** У цьому зв'язку актуальність здобуває задача розробки інтелектуальної системи комплексної оцінки планів колійного розвитку

© В. В. МАЛАШКІН, 2015