

ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ПОСЛУГ В ЇХ ЖИТТЄВИХ ЦИКЛАХ

Хабутдінов Р.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, habutd1@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1329-5739

PRINCIPLES AND METHODS OF CONCEPTUAL IMPROVEMENT OF ENERGY-RESOURCE EFFICIENCY OF MOTOR TRANSPORT VEHICLES AND SERVICES IN THEIR LIFE CYCLES

Khabutdinov R.A., doctor of engineering sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, habutd1@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1329-5739

Актуальність. Науково-практична проблема концептуального управління технічно-еволюційним і технологічно-сталим розвитком автотранспорту (АТ) може бути вирішена на основі техно-економічної концепції високо-технологічного відтворення автотранспортних послуг (ВТВАП) у взаємозв'язку з етапно-модернізаційною реалізацією технологічно-інтенсивної та ресурсно-ефективної мікроекономіки автотранспортних підприємств (ТРЕМАП) [1,3]. Така концепція базується на ідеї методологічного забезпечення експлуатаційно-технологічного енерго-і ресурсозбереження у автотранспортних процесах з урахуванням принципу сполучення знань про етапи життєвих циклів автомобіля (ЖЦА) і відтворення автотранспортних послуг (ЖЦВАП) [2]. Це дозволить, по-перше, на етапі ринкового обігу ЖЦА формувати концептуально-ефективний попит перевізників на стратегічно-необхідні споживчі властивості нових автомобілів як на ресурсно-технічні та технологічно-виробничі засоби автомобільних перевезень. По-друге, на етапі експлуатації технічних ресурсів в ЖЦВАП – в майбутньому отримати високо-технологічний додатковий продукт у кожному процесі автомобільного перевезення, що є матеріально-виробничою основою формування ТРЕМАП. По-третє, – забезпечуються концептуально-технологічні компетенції майбутніх перевізників при їх навчанні за спеціальністю 275 «Транспортні технології на автомобільному транспорті».

Для реалізації техно-економічної концепції ВТВАП-ТРЕМАП потрібне використання нової транспортно-виробничої і технологічно-інноваційної (ТВТІ) парадигми знань про автотранспорт як сферу матеріально-парадоксального виробництва і модернізаційного відтворення автотранспортних послуг. Існуюча спрощена, сервісно-комерційна і нетехнологічна (ССКН) парадигма знань про транспорт як сферу техно-емпіричного транспортного обслуговування була вперше прийнята економістами залізничного транспорту у кінці 19 сторіччя. Пізніше спеціалісти автотранспорту на основі спрощеної ССКН-парадигми знань і теоретичної схеми віртуального транспортування предметів в нематеріальному середовищі розробили методи економічного і організаційного аналізу процесів автомобільної доставки вантажів і пасажирів рухомим складом [4,5]. Вчені залізничного транспорту, крім того, вперше розробили теорію локомотиву, на основі якої акад. Чудаков Е.А. у 50-х роках 20-го сторіччя запропонував теорію автомобіля [6]. Велика кількість подальших досліджень в напрямку теорії автомобіля була направлена на вдосконалення методів передпроектного аналізу конструктивно-технічних властивостей нових автотранспортних засобів. Ці методи широко використовуються на першому етапі ЖЦА-промислового створення автомобілів. На другому етапі ЖЦА здійснюється обіг нових автомобілів як складних науково-технічних товарів. Цей етап ЖЦА співпадає з першим етапом ЖЦВАП- ринкового забезпечення автотранспортного виробництва новими технічними ресурсами (автомобілями). Останні в автомобільних перевезеннях використовуються як багатофункціональні ресурсно-технічні та технологічні засоби для: транспортного труда, адаптивного транспортування предметів у конфліктному середовищі, ресурсо-перетворювального і конфліктно-безаварійного створення автотранспортних послуг та їх споживання, а також для їх технічно-еволюційного відтворення.

Але на першому етапі ЖЦВАП (на ринку автомобілів) перевізники-покупці формують неконцептуальний і неефективний попит на спрощений рухомий склад, а не на концептуально-потрібний носій технічних ресурсів. Такий попит обумовлений тим, що вони використовують спрощену ССКН-парадигму знань, а також методи економічного і організаційного аналізу моделей нематеріальних процесів автомобільної доставки вантажів і пасажирів рухомим складом (фактично-

віртуально-мобільним кузовом) [4]. Крім того, в методах економічного і організаційного аналізів автотранспортного процесу прийняті декілька принципових аксіом нехтування властивостями натуральних автомобільних перевезень: їх матеріально-виробничої сутності, техніко-технологічної і енергоресурсної причинності, їх техніко-технологічної модернізації, а також технологічно-інноваційного відтворення автотранспортних послуг.

Далі, в цих методах не враховуються важливі експлуатаційно-технологічні особливості автомобільних перевезень: а) залучення в автотранспортні операції багатофункціональних технічних ресурсів автотранспорту (АТ)- але не спрощеного рухомого складу; б) висока енерго-і ресурсоемність автотранспортних послуг при відносно високому рівні їх аварійності; в) широкий діапазон змінних конструктивно-технічних характеристик АТЗ на світовому ринку автомобілів при високої динаміці змін їх параметрів; г) різноманіття станів дорожньо-трафікових і термінальних факторів транспортно-технологічної експлуатації АТЗ, що ускладнює методи управління розвитком ресурсно-технологічної бази і транспортних процесів АТ; д) недосконалість структур ресурсно-технічної та технологічної бази на АТ та низькі рівні енерготехнологічної ефективності автотранспортних процесів; е) фрагментарність і суперечливість видів знань (фізичних, технічних, організаційних, технологічних і економічних) про автомобільні перевезення із-за неврахування вищезазначених особливостей і технологічної парадоксальності автотранспортного процесу.

Основна частина. На основі існуючих технологічно недосконалих методів спеціалісти автотранспорту не можуть вирішити перспективне-актуальну проблему концептуального управління технічно-еволюційним і технологічно-сталим розвитком автотранспорту згідно системного призначення останнього і принципу ЖЦВАП. В автотранспортній системі (АВТС) автомобільний транспорт (АТ) має три призначення: а) як ринкова корпорація перевізників і автовласників для технологічно-парадоксального матеріального виробництва автотранспортних послуг та їх технологічно-інноваційного відтворення згідно етапів реалізації науково-технічного прогресу на АТ; б) як активно-транспортуюча підсистема АВТС, що реалізує автомобільні перевезення в інфраструктурних траєкторіях АВТС для транспортно-енергетичного перетворення (шляхом перевезень) потенційних ресурсів економіко-соціальної макросистеми (ЕСМ) країни в реальні, згідно попиту її суб'єктів; в) як сфера транспортного обслуговування і самообслуговування суб'єктів ЕСМ.

Завдяки якісній реалізації своїх призначень АТ є важливим компонентом АВТС і системоформуючим фактором для ЕСМ країни. В рамках механізмів матеріальної взаємодії технічних ресурсів АТ з двома інфраструктурними підсистемами АВТС (термінальною і дорожньо-трафіковою) реалізуються **технологічні процеси автомобільних перевезень** (ТПАП). В останніх, шляхом використання двох груп властивостей технічних ресурсів (конструктивно-технічних [6] і ресурсно-технічних [1,3]), реалізується базисна і екзистенційна функція ФА1- транспортно-технологічного виробництва на АТ. Вона є матеріальною основою для здійснення інших функцій АТ: ФА2-автотранспортного сервісу, ФА3- автотранспортного капіталообігу, ФА4-ринкового ресурсозабезпечення ФА1 (технічні, енергетичні і трудові ресурси; запасні частини і експлуатаційні матеріали), ФА5-технологічно-інноваційного відтворення автотранспортних послуг, ФА6-автосервісу і ремонту для підтримки технічного стану автомобілів. В наслідок транспортно-технологічної недостатності методів економіки і організації перевезень [4,5] перевізники, не враховують такі важливі функції АТ як: ФА1, ФА3.1 і ФА4.1 (тобто -технологічні схеми капіталооберту і ринкового ресурсозабезпечення), а також функцію технологічно-інноваційного розвитку ФА5.

Таким чином, по-перше, виявлено, що в існуючих методах аналізу третього етапу ЖЦА, тобто- транспортно-організаційної [4] та технічної [8] експлуатації рухомого складу відображено тільки третє –допоміжне призначення АТ як сфери автотранспортного обслуговування суб'єктів країни з урахуванням потреб в технічному автосервісі на АТ. При цьому, відсутні методи аналізу технологічно-сталого розвитку таких принципово-важливих функцій АТ як: ФА1, ФА3.1, ФА4.1 і ФА5. По-друге, на третьому етапі ЖЦА відсутні методи декомпозиційного аналізу автомобільно-транспортної технології та її концептуально-композиційного синтезу для можливості переходу на АТ від тактичних проєктів низько-технологічного відтворення автотранспортних послуг до їх високо-технологічного відтворення у часі згідно техно-економічної концепції розвитку ВТВАП-ТІРЕМАП. По-третє, на першому етапі ЖЦА (передпроектний аналіз АТЗ) при обґрунтуванні конструктивно-технічних властивостей автомобіля [6] не розглядаються питання концептуальної придатності проєктованих автомобілів до їх майбутньої транспортно-технологічної експлуатації як багатофункціональних технічних ресурсів АТ згідно вищезгаданої концепції розвитку ВТВАП-ТІРЕМАП на АТ.

Крім того, в існуючій методології економічного і організаційного аналізу експлуатації рухомого складу АТ в ЖЦА відсутні транспортно-технологічні аспекти її гносеологічного потенціалу щодо автотранспортної: дискриптивності, достовірності, співставленості, пояснювальності, аналітичності моделей. Із-за неврахування негативного впливу технологічних парадоксів АТ види знань про натуральні автомобільні перевезення (фізичні, технічні, організаційні, технологічні та економічні) є фрагментарними і суперечливими [4]. Ці розриви обумовлюють неможливість формалізації причинно-наслідкових механізмів як на автотранспорті, так і в АВТС. Далі, в теорії та практиці організації автомобільних перевезень поступово сформувалися прості, немодернізаційні, господарче-комфортні методи повзучого техніко-технологічного емпіризму [4]. Тому неможливе концептуальне-цільове управління сталим розвитком АТ як сферою технологічно парадоксального матеріального виробництва та інноваційного відтворення автотранспортних послуг. У зв'язку з викладеним представлені основи управління технологічно-сталим розвитком на автотранспорті виходячи з важливих принципів: а) експлуатаційно-технологічного енерго-і ресурсозбереження; б) виробничо-енергологічної формалізації знань про ТПАП і етапи ЖЦВАП; в) врахування експлуатаційно-технологічних умов автомобільних перевезень; г) енергологічної інтеграції та гармонізації знань про технологічно-інноваційні процеси автомобільних перевезень (ТППАП). В структуру ЖЦВАП входять три етапи: а) ринкового ресурсо-забезпечення функції ФА1-транспортно-технологічного виробництва на АТ; б) транспортно-технологічної експлуатації багатофункціональних технічних ресурсів (автомобілів); в) післяексплуатаційного обґрунтування нових автомобілів як складних товарів, а також як ресурсно-технічних і технологічних засобів інноваційного відтворення автотранспортних послуг. Для забезпечення концептуального управління технологічно-сталим розвитком на АТ необхідна актуалізація моделі стратегічно-функціональної структури автотранспортних підприємств (АТП) $S_{сф}$:

$$S_{сф} \in (ТКУНА, РТТБ, ТПАП), \quad (1)$$

де: ТКУНА – технологічно-компетентні управлінці АТП; РТТБ – ресурсно-технічний і технологічний базис АТП (технічні, трудові та енергетичні ресурси, а також методи удосконалення автомобільно-транспортної технології); ТПАП – технологічні процеси автомобільних перевезень.

Для забезпечення високо-технологічного відтворення автотранспортних послуг до елементів РТТБ висуваються такі вимоги: а) придбані автомобілі як ресурсно-технічні та технологічні засоби (АРТТЗ) транспортного виробництва в ТПАП повинні бути: транспортно-продуктивними, високо-технічними, транспортно-енергоєфективними, а також малотоксичними; б) забезпечення підвищення енерготехнологічної ефективності автотранспортних операцій; в) забезпечення підвищення енергоресурсної ефективності інноваційних проектів ТПАП.

Для аналізу конструктивно-технічних і товарно-технічних інновацій на АТ вирішена задача **експлуатаційної ідентифікації нових АТЗ**, яка реалізується на основі моделі модульної структурно-параметричної організації технічних ресурсів АТ (МСПОТРА) та її множини K_{jr} . Для аналізу конструктивно-технічних (NVKT) і товарно-технічних новацій (NVGT) на першому етапі ЖЦВАП ця множина має такий вигляд [1,9]:

$$K_{jr}^N(t) \in (x_{imp}^N, y_{iml}^N)_{jr}, \quad t=t_1, t_2, t_3 \dots t_n, \quad (2)$$

де – x_{imp}^N оновлена підмножина r -их параметрів m -го конструктивно-функціонального модуля в i -му пристрої МСПОТРА; N – верхній індекс ознаки інноваційності МСПОТРА; y_{iml}^N – оновлена підмножина l -их характеристик структури m -го конструктивно-функціонального модуля i -го пристрою МСПОТРА, ($i = 1, 2, 3, 4$), ($m = 1, 2, 3, 4$), ($l=1_1, 1_2, 1_3 \dots$); j – індекс класу рухомого складу ($j = 1, n_k$), де n_k – кількість класів автомобіля); r – індекс різновидів автомобіля в j -му класі ($r = 1, n_b$, де n_b – число варіантів автомобілів з реалізованими технічними новаціями); t – змінні періоди інновацій.

Далі представлені деякі методи, які базуються на положеннях теорії управління [7], а також на комплексній теорії енергоресурсної ефективності транспортно-технологічної експлуатації автомобілів і процесів інноваційного відтворення автотранспортних послуг [1,3,9]. Замість «чорно-ящикової» моделі [4] використовується модель багатофазної автотранспортної операції (АО), що реалізуються в умовах дорожньо-трафікового руху АРТТЗ. До елементів АО відносяться такі режими керованого і адаптивно-дискретного переміщення АРТТЗ, як: розгін, усталений рух, накат, гальмування. В рамках АО керований АРТТЗ забезпечує адаптивне формування трьох її фізико-технічних механізмів (ФТМ АО): а) автомобільно-дорожньої взаємодії –ФТМ1 АО; б) трафіко-

інтерактивної мобільності- ФТМ2 АО; в) адаптивно-енерговитратного транспортування предметів- ФТМ3 АО. В результаті такого функціонування АТЗ, як АРТТЗ АП, значно підвищуються рівні енергоємності АО (в 2...4 рази) при суттєвому зниженні транспортної продуктивності АТЗ. Тобто, в умовах адаптивного руху АТЗ в дорожньому трафіку, реалізується негативне явище експлуатаційної анергічності технічних ресурсів АТ, яке не враховується в існуючих теоріях, які використовуються на різних етапах ЖЦА [6,5,4,8].

Для виявлення феноменологічних і онтологічних закономірностей керованого функціонування АРТТЗ у взаємозв'язку з формуванням трьох ФТМ АО (ФТМ1, ФТМ2, ФТМ3) необхідна універсальна модель його дорожньо-трафікового руху. Така модель отримана на основі розв'язку системи рівнянь руху модульно-узагальненого АТЗ (як МСПОТРА) з урахуванням закономірностей взаємодії його багатоколісного рушія з поверхнею кочення [6]. Як основа прийняте рівняння зміни кінетичної енергії АТЗ модульно-узагальненого типу, який експлуатаційне ідентифікується як варіативна модель структурно-параметричної організації технічних ресурсів АТ (МСПОТРА):

$$d \left(G_{jr} * \delta_{jr} * \frac{v^2}{2} \right) / dt = \sum_{k=1}^{na} \sum_{i=1}^{nkz} \sum_{z=1}^{nsg} (M_{kzi} * \omega_{kzi} - N_{fkzi}) - \sum_{k=1}^{na} N_{ofk} - \sum_{m=1}^m N_{fm} - N_h - N_w, \quad (3)$$

де G_{jr} – експлуатаційна маса АРТТЗ; δ_{jr} – коефіцієнт збільшення кінетичної енергії АТЗ (від обертових мас); N_{fkzi} – потужність сил опору коченню kzi -го колісного тягового модуля (КТМ); N_{ofk} – потужність сил опору коченню ведених коліс k -го активного перевізного модуля (АПМ); N_{fm} – потужність сил опору коченню коліс m -го пасивного перевізного модуля (ППМ); N_h і N_w – потужність сил опору підйому дороги і повітряного середовища; ω_{kzi} – кутова швидкість коліс КТМ.

Кожний kzi -й КТМ, з одного боку, працює як приймач потоку внутрішньої енергії $N_{kzi} = M_{kz} * \omega_{kzi} * \Delta t$, а з іншого боку, він є джерелом зовнішньої сили тяги, що формується на основі балансу активних і пасивних сил, що діють у зонах контактів ведучих пневмоколіс колісно-тягових модулів (КТМ) з дорогою. З урахуванням закономірностей кочення еластичних коліс [6] у рамках заданої схеми МСПОТРА ($k=1, n_{ap}, m=1, n_{pp}, i=1, n_{kzi}, z=1, n_{xvk}$) складена система рівнянь руху АТЗ модульно-узагальненого типу.

Важливими елементами моделі автотранспортно-операційного і дорожньо-трафікового функціонування АРТТЗ є розрахункові схеми транспортно-технологічної та енергоеквівалентної операцій, в яких закладена теоретична схема енерго-дисипативного транспортування предметів перевезень в конфліктному середовищі з використанням властивостей АРТТЗ для автомобільних перевезень. В технологічній розрахунковій схемі автотранспортної операції враховуються конструктивно-технічні та ресурсно-технічні властивості АТЗ, на основі реалізації яких формуються: а) важливі компоненти автотранспортної технології (АТТ): трудо-машинні процедури P_{tm} і продуктивні процеси $ETRW$ -енергетичного перетворення технологічних ресурсів (в фізичний продукт $AT-W_{\phi}$ [1,3,9]; б) технологічний спосіб інфраструктурно-інтерактивного залучення АРТТЗ в фізико-технічні механізми автотранспортної операції з урахуванням зміни варіантів МСПОТРА та процедурного забезпечення якісно-операційного функціонування експлуатаційно-технологічних ресурсів АТ (машинна сукупність окремих носіїв технічних, енергетичних і трудових ресурсів АТ, а також предметів перевезення- це є навантажений і руховий автомобіль). Енергоеквівалентна модель автотранспортної операції дозволяє, по-перше, інтегрувати знання про три розрахункові схеми: сталого руху АТЗ (теорія автомобіля), транспозиційної операції (з теорії організації автомобільних перевезень) і транспортно-технологічної операції (з теорії технологічних процесів автомобільних перевезень); по-друге, забезпечує інтеграцію та гармонізацію парадоксально-фрагментарних знань про модернізаційні проекти автомобільних перевезень [3].

Математичні моделі показників взаємодії АРТТЗ модульно-узагальненого типу згідно наданого варіанту МСПОТРА з траєкторними елементами дорожньо-трафікової інфраструктури мають наступний вигляд:

$$Q_{jr} = \sum_{k=1}^{na} q_k + \sum_{m=1}^m q_m, \quad G_{jr} = \sum_{k=1}^{na} q_k * (\eta_k + \gamma_k) + \sum_{m=1}^m q_m * (\eta_m + \gamma_m), \quad (4)$$

$$G_{\phi jr} = \sum_{k=1}^{na} \sum_{i=1}^{nkz} \sum_{z=1}^{nsg} (G_{kzi}), \quad P_{\phi j} = \sum_{k=1}^{na} \sum_{i=1}^{nkz} \sum_{z=1}^{nsg} (M_{kzi}/r_{kzi}), \quad (5)$$

$$P_{\varphi j} = \sum_{k=1}^{n_k} \sum_{i=1}^{n_{kz}} \sum_{z=1}^{n_{66}} (\varphi_{kzi} * G_{kzi}), \quad M_{kzi} = (a1_{kzi} + a2_{kzi} * M_k), \quad (6)$$

$$\omega_{kzi} * (a3_{kzi} + a4_{kzi} * M_{kzi}) \rightarrow idem, \quad (7)$$

$$G_{kzi} = ((1 - \gamma_k) * G_{0kz} + \gamma_k * G1_{kzi}) / n_{kz} \rightarrow idem, \quad (8)$$

де Q_{jr} , G_{jr} , $G_{\varphi jr}$, P_{tj} , $P_{\varphi j}$ – значення: вантажопідйомності (пасажиромісткості) АТЗ модульно-узагальненого типу, його експлуатаційної маси, його зчіпної маси, його сили тяги (від двигуна) та його зчіпної сили тяги відповідно; q_k і q_m – вантажопідйомності активного (АПМ) і пасивного (ППМ) перевізних модулів; η_k і η_m – коефіцієнти спорядженої маси АПМ і ППМ; γ_k і γ_m – коефіцієнти використання вантажопідйомності АПМ і ППМ; n_a і n_n – кількість АПМ і ППМ у структурі АТЗ (як МСПОТРА); n_{66} – кількість ведучих ходових модулів у k -му АПМ; n_{kz} – число КТМ у АПМ; G_{kzi} , M_{kzi} , ω_{kzi} та Γ_{kz} – зчіпна маса, обертаючий момент, кутова швидкість та радіус i -тої ведучої вісі у kz -му КТМ; φ_{kzi} – коефіцієнт зчеплення коліс i -тої ведучої вісі КТМ із поверхнею кочення; $a1_{kzi}$ і $a2_{kzi}$ – параметри, що залежать від характеристик структури і параметрів модулів ЕППА; M_k – обертаючий момент двигуна k -го АПМ; $a3_{kzi}$ і $a4_{kzi}$ – параметри, що залежать від характеристик структури і параметрів елементів kz -х КТМ та i -тих ведучих вісей КТМ; G_{0kz} і $G1_{kzi}$ – маси, що припадають на i -ті вісі у kz -му КТМ у станах порожнього і повністю навантаженого АТЗ.

На основі закономірностей (4)...(8) вирішені диференціальні рівняння керованого руху АРТТЗ модульно-узагальненого типу (3) з урахуванням фізико-технічних механізмів натуральної автотранспортної операції (механізми взаємодії, мобільності та енерговитратного транспортування).

В результаті, одержана універсальна модель адаптивно керованої швидкості модульно-узагальненого АРТТЗ $-V(K_{jr}, t, u)$ у функції варіанту МСПОТРА K_{jr} , часу t , множини параметрів управління АТЗ -у (двигуном- u_1 , коробкою передач- u_2 , гальмами АРТТЗ- u_3):

$$V(t, u) = [V_0(u_v) + \dot{A}_1(K_{jr}, u_v)] * \exp(\dot{A}_2(K_{jr}, u) * t) - \dot{A}_1(K_{jr}, u_v), \quad (9)$$

$$t \in (t_0, t_0 + \Delta t), \quad V \in (V_0, V_0 \pm \Delta V), \quad l \in (l_0, l_0 + \Delta l),$$

де $V_0(u_v)$ – початкова постійна швидкість АТЗ в операції; $A_1(u)$ і $A_2(u)$ – параметри моделі швидкості АТЗ; Δt , Δl і ΔV – величини збільшення часу, пробігу АТЗ, а також зміни його швидкості ($\pm \Delta V$) в операції; $u \in (u_1, u_2, u_3)$; t – час операції; K_{jr} – множина характеристик АТЗ (як МСПОТРА).

Отримано аналітичні залежності для визначення величин параметрів $A_1(u)$ і $A_2(u)$ для аналізованих фаз руху АРТТЗ варіанту K_{jr} . Крім того, параметри $A_1(u)$ і $A_2(u)$ залежать від станів множин транспортно-експлуатаційних M_{re} і дорожніх D факторів. На основі (8) розроблені експлуатаційні моделі різноманітних режимів руху АТЗ: із постійною швидкістю, розгонів, гальмувань і накатів. Єдність у їхній математичній інтерпретації забезпечує зручність формування моделей багатofазних тестових циклів за даними умовами узгодження характеристик кінематики, динаміки та енергетики адаптивно-дискретного руху АТЗ і параметрів технології автотранспортної операції. Зіставлення результатів різноманітних розрахунків на ЕОМ, що проводилися для різних варіантів СПОКА АТЗ і ряду типів поверхонь кочення, з експериментальними даними показали достатню для інженерних розрахунків точність цих моделей.

Для режимів V_c сталого руху АТЗ отримано:

$$l_v = V_c * T_v, \quad V_c = \text{const}, \quad E_v = l_v * (B_0 + B_1 * V_c + B_2 * V_c^2), \quad (10)$$

$$Q_v = T_v * (B_3 + B_4 * V_c + B_5 * V_c^2 + B_6 * V_c^3 + B_7 * V_c^4 + B_8 * V_c^5), \quad (11)$$

де l_v , E_v і Q_v – значення пробігу, енерговитрат і витрати палива АТЗ при його сталому русі; B_0, B_1, \dots, B_8 – параметри, що залежать від стану множин K_{jr} (конструкції АТЗ), D (дорога), M_{re} (транспортно-експлуатаційних) параметрів управління двигуном u_1 , трансмісією u_2 і гальмами u_3 .

Для режимів несталого руху маємо:

$$Tl(\Delta V, u) = [\ln_{A_1} uv + V_0 uv + \Delta Vu - \ln(\dot{A}_1 uv + V_0 uv)] / \dot{A}_2(u), \quad (12)$$

$$l_i = A_1(K, \dot{A}, V_c, u) * T_i + \Delta V / A_2(K, \dot{A}, V_c, u), \quad (13)$$

$$E_i = B_9 * \Delta V + B_{10} * \Delta V^2 + B_{11} * \Delta V^3 + T_i(B_{12} + B_{13} * \Delta V + B_{14} * \Delta V^2), \quad (14)$$

$$Q_n = B_{16} * \Delta V + B_{17} * \Delta V^2 + B_{18} * \Delta V^3 + T_i(B_{15} + B_{19} * \Delta V + B_{20} * \Delta V^2 + B_{21} * \Delta V^3), \quad (15)$$

де A_1 і A_2 – параметри рівняння швидкості руху АТЗ (4.8); $T_n(\Delta V, u)$ – час змінення керованої швидкості руху АТЗ в залежності від величини приросту (або зниження) ΔV ; $B_9 \dots B_{21}$ – параметри, що залежать від стану множин: K_{jr} (моделі АТЗ як МСПОТРА), D (дорога), M_{te} (транспортно-експлуатаційні характеристики), а також від- параметрів управління двигуном u_1 , трансмісією u_2 і гальмами u_3 , початкової швидкості V_0 ; $l_n, \Delta V, T_n, E_n$ і Q_n – характеристики дискретної кінематики та енергетики несталого керованого руху АТЗ: пробігу, приросту (або зменшення) швидкості АТЗ, часу зміни швидкості АТЗ, енерговитрат і витрати палива відповідно.

Рівняння (9)...(15) дозволяють формувати тестову модель узагальненої автотранспортної операції (АО) з гнучкою режимно-фазовою структурою, що забезпечує врахування закономірностей феноменологічного і онтологічного функціонування модульно-модернізаційного АТЗ у рамках трьох фізико-технічних механізмів АО (ФТМ АО), а також можливість адаптувати цю модель до локально-наданих станів дорожньо-трафікової інфраструктури АВТС. Таки особливості моделей (9)...(15) дозволяють забезпечувати вимоги їх транспортно-технологічної достовірності стосовно трьох аспектів пізнавального потенціалу запропонованої теорії автотранспортної технології: феноменологічного, онтологічного і гносеологічного. Параметри тестової операції визначаються таким чином:

$$t_{ii} = \sum_1^{n_{\delta c}} t_{v^3} + \sum_1^{n_{\delta i}} t_{f^3}, \quad (16)$$

$$l_{ii} = \sum_1^{n_{\delta c}} l_{v^3} + \sum_1^{n_{\delta i}} l_{f^3}, \quad (17)$$

$$A_{ii} = \sum_1^{n_{\delta c}} E_{v^3} + \sum_1^{n_{\delta i}} E_{f^3}, \quad (18)$$

$$Q_{ii} = \sum_1^{n_{\delta c}} Q_{v^3} + \sum_1^{n_{\delta i}} Q_{f^3}, \quad (19)$$

де: $t_{оп}, l_{оп}, E_{оп}, Q_{оп}$ – величини часу, пробігу АТЗ, енерговитрат, витрат палива в тестовій операції, відповідно; n_{fc} і n_{fn} – кількості фаз сталого і несталого руху АТЗ в тестовій операції.

Важливі для управління інтенсивним розвитком автомобільно-транспортної технології показники енерговіддачі та ресурсовіддачі АТЗ в тестовій операції визначаються як:

$$\rho_E = \frac{W_{\hat{a}i}}{E_A} \rightarrow \max, \quad \rho_R = \frac{W_{\hat{a}i}}{Q(R_{TX})} \rightarrow \max, \quad (20)$$

де E_A і $Q(R_{TX})$ – значення сумарних енерговитрат і втрачених виробничих ресурсів в тестових транспортних операціях для заданих умов перевезень з урахуванням механізмів: взаємодії АРТТЗ з дорогою, технологічного транспортування і транспортного виробництва.

На основі методу тестово-симулятивного і еталонно-порівнювального аналізу функціонування АРТТЗ [3,9] визначається безрозмірний показник транспортної енергоефективності нових (також ненових) АТЗ j_r -го виду $\Pi_{e(jr)}$:

$$\dot{I}_{E(jr)} = \rho_E(K_{jr}) / \rho_{ET} \rightarrow \max, \quad (21)$$

де ρ_E та ρ_{ET} – показники тестової енерговіддачі АРТТЗ та його еталонного прототипу.

На основі (22) розроблено дві математичні моделі для експлуатаційного і транспортно-технологічного аналізу показника Π_E у двох формах:

$$\dot{I}_{E1}(t) = K_{v\delta}(t) * \gamma_{\tilde{n}\delta} / (K_{\tilde{a}\delta}(t) * (\eta_q(t) + \gamma_{\tilde{n}\delta})) \rightarrow \max, \quad (22)$$

$$\dot{I}_{E2}(t) = K_{\tilde{a}\tilde{a}i}(t) * K_{\tilde{a}\tilde{a}i}(t) * K_{\tilde{a}\tilde{a}i}(t) \rightarrow \max, \quad (23)$$

де γ_{ct} – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності АТЗ; η_q – коефіцієнт спорядженої маси АТЗ. K_{ep} – паливний коефіцієнт пробігу АТЗ на розрахунковому маршруті; Π_{E1} – транспортно-експлуатаційна енергоефективність АТЗ; Π_{E2} – мультиплікативна функція транспортної енергоефективності АТЗ при аналізі принципу транспортно-технологічного синергізму на автотранспорті; $K_{\tilde{e}em}, K_{\tilde{e}mn}$ і $K_{\tilde{e}ee}$ – коефіцієнти: використання експлуатаційної маси АТЗ, відносної

транспортної продуктивності і енерговіддачі АРТТЗ в технологічних процесах автотранспортної операції як різні фактори синергізму; t – етапи інновацій у часі, $t = t_1, t_2, t_3, t_4, \dots$

Далі представлені три стратегії концептуального управління технологічно-сталим розвитком на автотранспорті. Перша стала стратегія комплексного управління рівнями раціональної продуктивності, концептуально-технологічної якості та енергоефективності нових АТЗ (як АРТТЗ)-реалізується на основі критеріїв (22) і (23) з урахуванням експлуатаційно-ідентифікованих варіантів конструктивно-технічних і товарно-технічних інновацій $K_{jr}(t) \rightarrow \text{var}$. При цьому, стратегія (23) відображає технічні, технологічні та дорожні умови синергізму автотранспортної операції. Друга стратегія передбачає інноваційне підвищення рівня транспортно-виробничої інтенсивності автотранспортної операції на основі показника операційної інтенсивності ОІ машинних процедур автотранспортної технології в тестових операціях:

$$\hat{I}^2(t) = \frac{M_i * V(t)}{P_{\text{нб}}(t) * t^3} \rightarrow \text{max}, t = t_1, t_2, t_3, \dots, t_n \quad (24)$$

де $M_{\text{п}}$ – партионна маса вантажу або пасажирів; V і t – швидкість та час руху АТЗ в наданій фазі тестової операції; P_{cp} – середня сила тяги АТЗ в наданій i -ї фазі тестової операції;

Третя стратегія сталого зросту базується на використанні енергоеквівалентних критеріїв енерготехнологічної ефективності автомобільних перевезень, в яких забезпечується комплексна інтеграція техніко-технологічних і організаційно-економічних знань:

$$\begin{cases} K_w(K_{jr}, \hat{O}_a, NVTT, t) * W_a(\hat{O}_a, t_0) \rightarrow \text{max} \\ K_s(K_{jr}, \hat{O}_a, NVTT, t) * S_w(\hat{O}_a, t_0) \rightarrow \text{min} \end{cases}, t = t_1, t_2, t_3, \dots, t_n \quad (25)$$

де W_r і S_w – показники годинної продуктивності рухомого складу і собівартості перевезень для поточного часу t_0 , які визначаються за віртуально-спрощеною розрахунковою схемою транспортного процесу і функціонування автомобіля як віртуально-рухомого кузова [4]; K_w і K_s – енергетичні коефіцієнти годинної продуктивності автомобілів як носіїв технічних ресурсів R_T АТ і собівартості інноваційного виробництва автотранспортних послуг [4,5]; Φ_e – множина експлуатаційних факторів віртуально-спрощеної розрахункової схеми транспортного процесу [4]; t – змінний час.

При реалізації стратегій (21)...(25) використовуються нові принципи теорії автомобільно-транспортної технології: інтеграції та гармонізації парадоксально-фрагментарних знань про автомобільні перевезення та про проекти життєвого циклу відтворення автотранспортних послуг; синтезу високої автомобільно-транспортної технології; експлуатаційної ідентифікації модульної структурно-параметричної організації технічних ресурсів; технологічної інтенсифікації автотранспортних операцій; забезпечення транспортно-операційного (на АТ) та міжпідсистемного (в АВТС) синергізму при взаємодії технологічних ресурсів автотранспорту з маршрутними елементами дорожньо-трафікової інфраструктури автотранспортної системи. На основі критеріїв (22)...(25) тестово аналізуються різні аспекти синергізму. На АТ- оцінюються транспортно-операційний і енергоресурсно-технологічний аспекти. На основі широкого поширення проєктів високотехнологічних автомобільних перевезень підвищуються рівні синергізму двох механізмів АВТС: а) операційно-технологічної взаємодії технічних ресурсів АТ з маршрутними елементами термінально-дорожньої інфраструктури; б) транспортно-матеріальної цілісності розривного термінального простору країни.

Висновки: 1. Встановлено, що в автотранспортних операціях і в умовах конфліктного інфраструктурного середовища автомобіль (АТЗ) функціонує як багатофункціональний, ресурсно-технічний, технологічний та енергоємний засіб (АРТТЗ) для забезпечення на автотранспорті (АТ): процесів труда, адаптивно-енергоємного транспортування предметів, ресурсоємного виробництва фізичного продукту та його споживання, а також для модернізаційного відтворення автотранспортних послуг. 2. Встановлена актуальність методів концептуального управління сталим розвитком транспортно-відтворювальної та процесно-креативної основи автотранспорту, що включає: ресурсно-технічний і технологічний базис АТ, технологічні процеси автомобільних перевезень і комплекс виробничо-економічних функцій АТ; методи такого управління повинні відповідати техно-економічній концепції високо-технологічного відтворення автотранспортного продукту, що необхідно для формування технологічно-інтенсивної та ресурсно-ефективної мікроекономіки АТ (концепція ВТВАП-ТІРЕМА). 3. Сформовані: концептуальна ідея, принципи, поняттєво-критеріальний апарат і стратегії концептуального управління з урахуванням принципу

енергологічного сполучення знань про життєві цикли автомобіля і відтворення автотранспортних послуг, а також – експлуатаційно-технологічних і гносеологічних особливостей натуральних автомобільних перевезень. 4. Розроблено алгебраїчні моделі для аналізу показників кінематики, динаміки та енергетики адаптивно-дискретного функціонування АТЗ як АРТТЗ у технологічних процесах автомобільних перевезень; це дозволяє реалізувати принцип ізоморфності вказаних моделей стосовно вирішення концептуальних задач системного аналізу і синтезу проектів технологічно-інноваційних процесів автомобільних перевезень. 5. Запропоновано аналітичний апарат для системно-концептуального вдосконалення важливих механізмів на АТ і в АВТС: а) синергізму процесу операційного використання технічних ресурсів АТ для енергоефективного виробництва автотранспортних послуг; б) маршрутного синергізму системного процесу автотранспортно-енергетичної інтеграції розривного термінального простору країни.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хабутдінов Р.А. Системна концепція енергоресурсної синергії та методологія технологічно інноваційного управління на автотранспорті / Р.А. Хабутдінов. *Вісник НТУ. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник.* – К.: НТУ, 2020. – Вип. 1 (46). – С 365-374. DOI: 10.33744/2308-6645-2020-1-46-365-374.
2. Хабутдінов Р.А. Концептуальна методологія транспортно-технологічного обґрунтування автомобіля в його життєвому циклі / Р.А. Хабутдінов. Друк. ж. "Автошляховик України" // К.: Вісник ПНЦ ТАУ. – 2005. – Вип. 8. – С 168-170.
3. Хабутдінов Р.А. Науково-практична проблема автотранспортної технології та системна концепція техно-інноваційного управління на автотранспорті./ Р.А. Хабутдінов. *Вісник НТУ. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник.* – К.: НТУ, 2021. – Вип. 1 (48). – С 345-357. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-345-357.
4. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки /А.И. Воркут, К.: Вища школа, 1986, 447 с. (рус)
5. Савицька Г. В. Економічний аналіз діяльності підприємства: Навч. посіб. – 3-тє вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2007. – 668 с.
6. Литвинов А.С., Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств/ А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
7. Фрейдина Е,В, Исследование систем управления /Е.В. Фрейдина; под ред. Ю.В. Гусева, М. : Изд-во «Омега-Л» . – 2008. – 367 с. (рус)
8. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник/ О.А. Лудченко . – К.: Вища школа. – 2008. – 527 с.
9. Хабутдінов Р.А. Методологічні основи транспортно-технологічної енергології // 36. наук. праць "Проблеми транспорту". К.: НТУ. – 2006. – Вип.3. – С 164–168. (укр)

REFERENCES

1. Khabutdinov, R. A. (2020). Sistemna koncepcia energorsurnoi sinergii ta metodologia tekhnologichno innovacijnogo upravlynnya na avtotransporti [The system concept of energy resource synergy and technological methodology of innovative management on Motor Transport]. Kyiv: Visnyk NTU. – vol.46. – 2020. – part.1. – p. 365-374. DOI: 10.33744/2308-6645-2020-1-46-365-374. [in Ukrainian].
2. Khabutdinov, R. A. (2005). Konceptualna metodologiya transportno-tekhnologichnogo obgruntuvannia avtomobilia v ego zhittєvomu cikli [Conceptual methodology of transport and technological substantiation of the car in its life cycle]. Kyiv: Visnyk of PNC TAU. – 2005. – Issue 8. – p. 168-170. [in Ukrainian].
3. Khabutdinov, R. A. (2021). Naukovo-prakticna problema avtotransportnoi tekhnologii ta sistemna koncepcia tekno- innovacijnogo upravlynnya na avtotransporti [The scientific and practical problem of avtotransport technology and the system concept of techno-innovative management on motor transport]. Kyiv: Visnyk NTU. – vol.48. – 2021. – part.1. – p. 345-357. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-345-357. [in Ukrainian].
4. Vorkut, A.I. (1986). Gruzovy avtomobylny perevozky [Road transportatation of goods]. Kyiv: High-school. – 1986. – 447 p. (in Russian).
5. Savitska G.V. (2007). Ekonomichny analiz dialnosti pidpriemstva [Economic analysis of enterprise activity: Education. manual – 3rd ed., ed. and additional]. – К.: Znannia, 2007. – 668 p.

6. Lytvynov A.S., Y.E. Farobyn Y.E (1989). Avtomobil: Teoria ekspluatatsionyk svoistv [Automobile: Theory of operational properties: textbook for universities]. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 240 p. (in Russian)
7. Freidina, E. B. (2008). Isledovanya system upravlynia [Study of control systems]. Moskva: Omega-L Publishing House . – 2008 . – 367 p. (in Russian)
8. Ludchenko O.A (2008). Teknichna ekspluatacia i obslugovuvannia avtomobiliv [Technical operation and maintenance of cars: Technology: Textbook] . – K.: Vyshcha shkola. – 2008. – 527 p.
9. Khabutdinov, R.A. (2006) Metodologychny osnovy transportno-tekhnologychnoi energology [Methodological bases of transport-technological energology]. Kyiv: Problemy transportu, K.: NTU. – 2006. – Vol.3. – P 164–168. [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Хабутдінов Р.А. Принципи і методи концептуального підвищення енергоресурсної ефективності автотранспортних засобів і послуг в їх життєвих циклах / Р.А. Хабутдінов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 3 (53).

У статті розглядаються принципи і методи підвищення енергоресурсної ефективності автотранспортних засобів і послуг в їх життєвих циклах, які відповідають техно-економічній концепції високо-технологічного відтворення автотранспортних послуг для формування технологічно-інтенсивної та ресурсно-бережливої мікроекономіки автотранспорту (концепція ВТВАП-ТІРЕМА) згідно принципу експлуатаційно-технологічного ресурсозбереження в життєвих циклах автомобіля (АТЗ) і відтворення автотранспортних послуг. Показано, що існуючі техно-емпіричні методи організації та економіки автотранспортного процесу не забезпечують реалізацію техно-економічної концепції. Виходячи з нової матеріально-виробничої та технологічно-інноваційної парадигми знань про автотранспорт як сферу матеріального виробництва запропоновано поняттєво-критеріальний апарат та комплекс стратегій для концептуального управління технологічно-стійким розвитком елементів ресурсно-технічного базису та технологічних процесів автомобільних перевезень на автотранспорті. При цьому, показано, що враховуються експлуатаційно-технологічні та гносеологічні особливості натуральних автомобільних перевезень.

Об'єкт дослідження – технічні ресурси та технологічний процес автомобільних перевезень.

Мета роботи – формування принципів і стратегій розвитку, а також поняттєво-критеріального апарату для концептуального управління технологічно-стійким розвитком на автотранспорті.

Метод дослідження – еволюційно-симулятивний та тестовий аналіз розвитку елементів ресурсно-технічної і технологічної основи автотранспорту згідно концепції ВТВАП-ТІРЕМА. Результати статті може бути використані технологічно компетентними управліннями автотранспорту для реалізації стратегій концептуального управління розвитком вказаних елементів. Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – реалізація в автотранспортних підприємствах методів та стратегій концептуального управління технологічно-сталим розвитком процесів автомобільних перевезень та комплексу їх виробничо-економічних функцій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНЦЕПЦІЯ, ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ, АВТОТРАНСПОРТ, ФУНКЦІЇ, ТЕХНІЧНІ РЕСУРСИ, АВТОТРАНСПОРТНА ТЕХНОЛОГІЯ, ПРОЦЕСИ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, КЕРУВАННЯ, ЕНЕРГОРЕСУРСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, АВТОТРАНСПОРТНІ ПОСЛУГИ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК.

ABSTRACT

Khabutdinov R.A. Principles and methods of conceptual improvement of energy resource efficiency of motor vehicles and transport services in their life cycles. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv : National Transport University, 2022. – Issue 3 (53).

The article considers the principles and methods of conceptual improvement of the energy resource efficiency of motor vehicles and transport services in their life cycles, which correspond to the techno-economic concept of high-tech reproduction of motor transport services for the formation of a technologically intensive and resource-saving micro-economy of the motor transport (VTVAP-TIREMA concept) according to the principle operational and technological resource saving in the life cycles of the car (LCC) and reproduction of the motor transport services. It is shown that the existing techno-empirical methods of organization and economy of the motor transport process do not ensure the implementation of the techno-economic concept. Based on the new material-production and technological-innovation paradigm of knowledge about motor transport as a sphere of material production, a conceptual-criterial apparatus and a

set of strategies for conceptual management of technologically sustainable development of elements of the resource-technological base and technological processes of automobile transportation by motor vehicle are proposed. At the same time, it is shown that technological and epistemological features of natural road transportation are taken into account.

The object of research is technical resources and the technological process of motor transportation.

The purpose of the work is the formation of development principles and strategies, as well as conceptual and critical apparatus for the conceptual management of technologically sustainable development in motor transport.

The research method is an evolutionary-simulation and test analysis of the development of the elements of the resource-technical and technological basis of the motor transport according to the VTVAP-TIREMA concept.

The results of the article can be used by technologically competent motor vehicle managers to implement conceptual management strategies for the development of the specified elements. Prognostic assumptions regarding the development of the object of research - the implementation in motor vehicle enterprises of methods and strategies of conceptual management of the technologically sustainable development of the motor transport processes and the complex of their production and economic functions.

KEY WORDS: CONCEPT, TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL INNOVATIONS, MOTOR TRANSPORT, FUNCTIONS, TECHNICAL RESOURCES, MOTOR TRANSPORT TECHNOLOGY, PROCESSES OF AUTOMOBILE TRANSPORTATION, MANAGEMENT, ENERGY- RESOURCE EFFICIENCY, LIFE CYCLE, MOTOR TRANSPORT SERVICES, SUSTAINABLE DEVELOPMENT.

АВТОР:

Хабутдінов Рамазан Абдуллайович, доктор техн. наук, професор, Національний транспортний університет, зав. кафедри транспортних технологій, e-mail: habutd1@gmail.com, тел. +380962290869, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка,1, orsid.org/ 0000-0002-1329-5739.

AUTHOR:

Khabutdinov Ramazan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head. Department of Transport Technologies, e-mail: habutd1@gmail.com, tel. +380962290869, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovich-Pavlenko, 1, orsid.org/ 0000-0002-1329-5739

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мнацаканов Р.Г., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден, e-mail: mnatsakanov@ukr.net, тел. +38-0679714862, Київ, Україна.

Петрашевський О.Л., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, вул. Омеляновича-Павленка,1, e-mail: olp47@ukr.net, тел. +380996092476, Київ, Україна.

REVIEWER:

Mnatsakanov R., Doctor of Technical Sciences Engineering (Dr.), professor, National Aviation University, department of maintaining the airworthiness of aircraft, Kyiv, Ukraine .

Petrashevski O., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, Department of Airports, Kyiv, str. Omelyanovich-Pavlenko, 1,Ukraine.