

Техніко-технологічний аналіз інноваційних проектів автомобільних перевезень

Ігор Хмельов

Національний транспортний університет

м. Київ, Україна

I. ІСНУЮЧІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Подальший розвиток автотранспортної системи визначається відповідністю її технічних і технологічних інновацій концепції комплексного енерго- та ресурсозбереження на транспорті [1]. Крім того, комплексне вдосконалення техніки та технологій для автомобільного транспорту є основним напрямом підвищення довгострокової конкурентоспроможності транспортної пропозиції вітчизняних транспортних компаній.

У літературі розрізняють організаційний та технологічний підходи до аналізу транспортних проектів. Методологія організаційного підходу описана в [2]. Він базується на принципах вибору рухомого складу:

- 1) адаптація типу рухомого складу до типу вантажу;
- 2) адаптація розміру вантажної партії до вантажопідйомності рухомого складу;
- 3) відповідність технічного вигляду транспортного засобу дорожнім і транспортним умовам перевезень;
- 4) забезпечення економічної ефективності.

Ця методологія має ряд недоліків. По-перше, вона не враховує зміни технічних параметрів у часі. По-друге, вона враховує лише організаційний вплив на масу вантажу (пасажирів). Однак необхідно враховувати вплив людини та машини, оскільки ці впливи призводять до споживання енергії та ресурсів [3]. Існуючі методи враховують лише результат впливу, тому можливий вибір рухомого складу лише за критерієм витрат часу без урахування трансформації енергії та

ресурсів. По-третє, економічне обґрунтування передбачає, що інвестиції конвертуються у витрати без урахування взаємодії людини і машини. Тому технологічні рішення не відповідають принципам енерго- та ресурсозбереження і високих технологій на транспорті.

Розробки в галузі вдосконалення транспортних технологій та енергозбереження в транспортному процесі ведуться як в Україні, так і в західних країнах. В нашій країні користуються популярністю наукові праці Говоруценка М. Я., Воркута А.І., Хабутдінова Р. А., Безбородової Г. Б., Кошарного М.Ф., Маяка М. М., Великанова Д. П. та інших вчених. Недоліком сучасних методів аналізу автомобільних перевезень є те, що вони базуються на розрахункових схемах доставки вантажів (рис. 1). На цьому рисунку використані наступні умовні позначення: T1, T2, T3, Tk - транспортні термінали за схемою доставки вантажів.

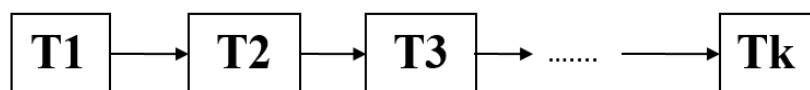


Рисунок 1 – Схема доставки вантажів (існуючі методи)

Основним припущенням цієї схеми є те, що в транспортних процесах розглядають не функціонування транспортного засобу як складної машини з багатьма технічними параметрами і закономірностями робочих процесів, а наявність рухомого віртуального кузова з вантажем в транспортних терміналах.

Обмеженість застосування методів теорії транспортних процесів для вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження зумовлена їх методологічною неадекватністю, оскільки вони однобічно розглядають автомобіль лише як перевізний засіб. У базовій розрахунковій схемі транспортного циклу енерго- та ресурсозатратна фаза руху замінюється умовним актом перевезення вантажу з постійною (технічною) швидкістю. Це означає, що неможливо проаналізувати енерго- та ресурсоефективність транспортного засобу на основі моделі його транспортного використання. А завдання оцінки

натуральних і фізичних витрат транспортного засобу в транспортному процесі є практично нездійсненним [4].

Внаслідок однобічності противитратного підходу в економіці прийнята умовна фізична міра споживання на одну їздку – геометричний пробіг автомобіля [5]. При цьому, через недостатню інформативність вихідна схема розрахунку не враховує енергоємність транспортної роботи в процесі руху, яка спрямована на забезпечення безпеки та продуктивності транспорту. Вартісна оцінка споживання транспортних засобів здійснюється на основі умовного фізичного вимірника транспортної роботи. Однобічність такої оцінки виключає можливість енергозберігаючого аналізу конструктивних і технічних інновацій у майбутньому транспортному процесі. Отже, відсутня база знань для прогнозування та управління енергозберігаючою якістю майбутньої транспортної роботи. Відсутність адекватного методичного забезпечення призводить до низької ефективності процесу вирішення найважливішого народногосподарського завдання – економії енергії та ресурсів за рахунок проектно-технічних інновацій при розробці транспортних засобів та проектуванні типів транспортних засобів.

Питання ефективності транспортних засобів розглядаються у теоріях автомобіля [6], транспортних процесів і систем [2], експлуатаційних властивостей автомобіля [7] та економіки вантажних автомобільних перевезень [8]. Кожна з цих теорій ставить різні цілі і, відповідно, використовує різні методи для визначення ефективності транспортного засобу. Висновки та рекомендації цих теорій є неповними і не відповідають концепції енерго- та ресурсозбереження, оскільки не враховують особливостей (парадоксів) транспорту як галузі матеріального виробництва (рис. 2).

Тому концепція технологічно сталого розвитку автомобільного транспорту не може бути реалізована за допомогою існуючих методів теорії транспортних процесів та економічного аналізу. Ці теорії є технологічно виродженими і не дозволяють аналізувати процеси енергетичного перетворення виробничих ресурсів, оскільки базуються

на логіці та методології споживання простих транспортних послуг у процесах вантажних перевезень.



Рисунок 2 – Парадокси транспорту

Методологічна неадекватність існуючих теорій щодо технологічної концепції розвитку зумовлена особливостями їх розрахункових схем:

а) враховується споживання транспортного продукту для кожної їздки без урахування продуктивного (продуктостворюючого) ефекту транспортних технологій;

б) транспортні засоби присутні в операціях доставки у вигляді самохідних кузовів, але не функціонують;

в) математичні моделі ефективності транспортних засобів не враховують характеристики техніки та технології і за замовчуванням припускають, що ці характеристики залишаються незмінними з часом;

г) фізичне переміщення транспортного засобу під час транспортування ототожнюється з його віртуальним переміщенням у схемі доставки;

д) складні процеси перетворення технологічних ресурсів у фізичний транспортний продукт замінюються простим актом списання їх вартості у витрати;

е) замість транспортної операції враховується її результат у вигляді події доставки.

Показники ефективності транспортного засобу, що використовуються в теорії автомобіля, також не відповідають розробленій концепції, оскільки ця теорія, по-перше, не враховує транспортний рух автомобіля, а по-друге, не дозволяє проводити однокритеріальну оптимізацію конструкції. Крім того, розрахункові схеми, на яких базується вищезгадана теорія, мають наступні недоліки для оцінки енерго- та ресурсоефективності автомобіля [5]. Неможливо описати рух узагальненого транспортного засобу з гнучкою структурно-параметричною організацією, оскільки рівняння руху доводиться розв'язувати заново для кожного базового варіанту конструкції. Графоаналітичний підхід, прийнятий в теорії транспортних засобів, не дозволяє розробити методи безперервного параметричного і структурного аналізу конструкцій з використанням комп'ютерної обробки даних. Відсутня стандартизована концепція опису різних фаз руху транспортного засобу (постійна швидкість, прискорення, накат і гальмування двигуном) як елементів роботи АТЗ. Не враховується пристосованість тягового зусилля ведучих коліс багатовісних систем до трансмісії та дороги. Проаналізована розрахункова схема базується на теорії стаціонарного руху транспортного засобу, яка не може бути використана для оцінки енергетики безперервного нестаціонарного процесу. Основною причиною, що обмежує використання розрахункових схем теорії автомобіля для аналізу процесів енергоспоживання, є однобічність розгляду автомобіля як технічного засобу.

У теорії транспортних процесів для визначення ефективності автомобільних перевезень використовують годинну продуктивність і

собівартість. Кожен з цих показників має всі недоліки, згадані вище. Ці показники використовуються для оцінки ефективності автомобільного транспорту. Вони враховують вплив лише одного конструктивного параметра – вантажопідйомності – та ігнорують інші показники. Такий підхід дозволяє вирішувати задачі організації вантажних перевезень, але він не вирішує технологічні задачі.

У економічній галузі найпоширенішими критеріями ефективності є прибуток і витрати. Недоліками методів економічного аналізу є припущення, що параметри автомобілів та технології залишаються незмінними (так звані «freezing technologies»), а також дуже спрощена схема використання технологічних ресурсів транспорту. У цій схемі витрати на ресурси списуються в експлуатаційні витрати, так що за допомогою цих методів можна аналізувати лише фінансову частину, тоді як технологічні задачі залишаються нерозв'язаними.

Отже, у дисциплінах з економіки автобудування та автомобільного транспорту витратний та ресурсозберігаючий підходи ототожнюються. Як наслідок, єдині вартісні схеми є неадекватними для розрахунку споживання ресурсів у ринковому довгостроковому прогнозуванні. В той же час, найважливішим довгостроковим попитом споживачів автомобільних перевезень є натурально-речовинна (а не вартісна) мінімізація енерго- та ресурсоемності перевезень.

II. РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

При здійсненні автомобільних перевезень (АП) Україна є споживачем на світовому ринку автотранспортних засобів (АТЗ) та палива, які є носіями технологічних (матеріальних) ресурсів автотранспорту. Технологічні ресурси транспорту являють собою виробничий потенціал матеріальних і людських факторів транспорту. Ресурси поділяються на технічні (транспортні засоби), енергетичні (паливо), трудові (водії) та фізичні (дорожнє покриття та атмосферний кисень). Технологічне перетворення (використання) ресурсів складається з наступних етапів:

1) надходження в рухову операцію згідно з проявами їх властивостями в енергетичних модифікаціях;

2) об'єднання ресурсів відповідно до технологій людино-машинної роботи;

3) трансформація у фізичний транспортний продукт в результаті людино-машинних впливів на вантажі (пасажирів).

Режимні ресурси транспорту використовуються шляхом їх заміщення багатофазними транспортними процесами протягом енергетично обумовленого часу [5]. Таким чином, схема створення транспортної продукції є енергетичною (рис. 3). Параметрами автомобіля як носія ресурсів є властивості продуктоутворюючого засобу праці та процесоутворюючого знаряддя технологічних процесів (процедур).

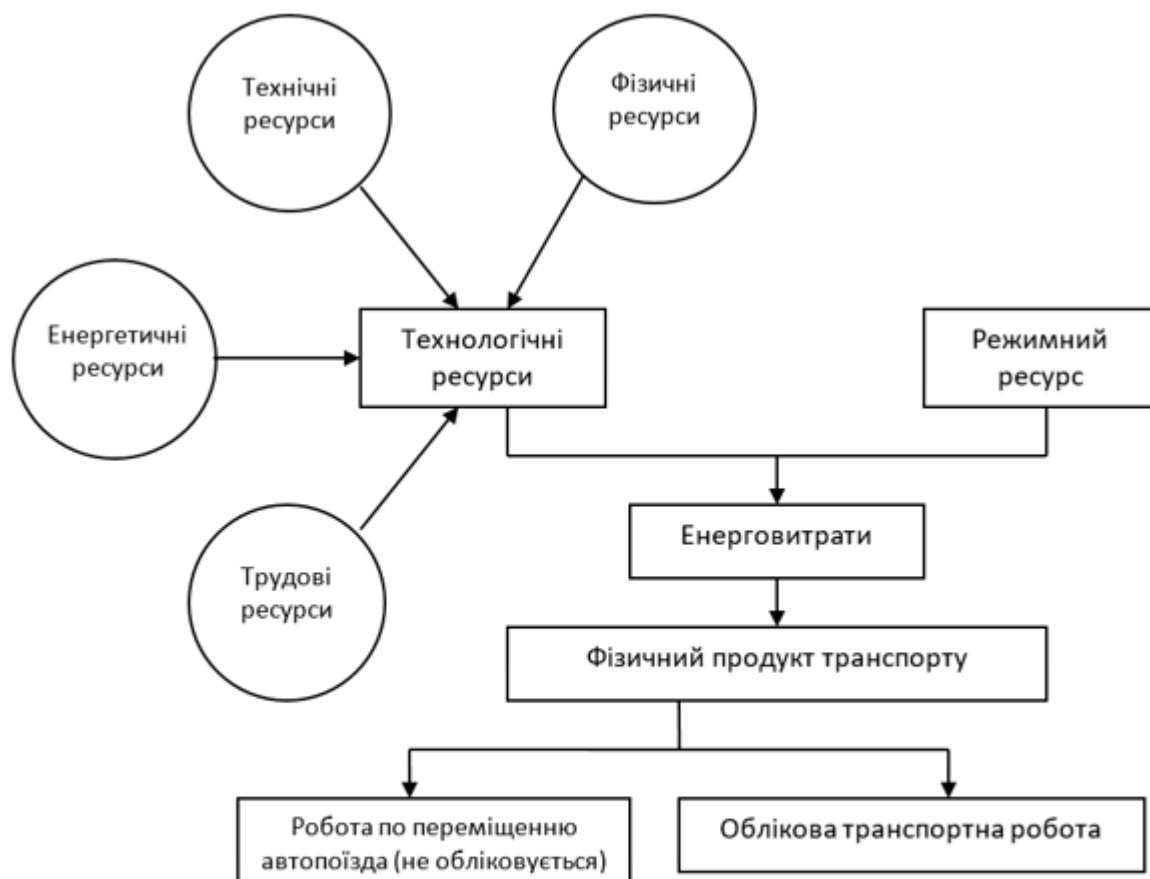


Рисунок 3 – Енергетична схема перетворення ресурсів у процесі транспортування

У цій схемі носії технологічних ресурсів транспорту (в спорядженому АТЗ) в поєднанні з фізичними та режимними ресурсами перетворюються в енергетичні затрати на переміщення експлуатаційної маси транспортного засобу. Енергетичні затрати потім перетворюються на фізичний продукт (керовані імпульси кількості руху транспортного засобу). Частка цих імпульсів є транспортною роботою з переміщення вантажу. Чим вище загальне споживання енергії, тим довша відстань. Чим вища інтенсивність споживання енергії, тим вища швидкість руху АТЗ і тим менше витрачається режимних ресурсів транспорту (фактор часу в дорозі).

Аналіз літературних джерел за темою дослідження дозволяє зробити висновок, що існуючі методи визначення ефективності роботи АТЗ базуються на критеріях противитратної ефективності вантажних перевезень, які мають низку недоліків. По-перше, вони не враховують сукупність властивостей автомобіля як носія технічних ресурсів автотранспорту, прояви яких визначають енергетичні процеси трансформації ресурсів і утворення фізичного транспортного продукту. По-друге, в теоріях транспортного процесу та економіки замість багатофазного процесу перетворення технологічних ресурсів в якості витрат розглянуто спрощений акт списання їх ціни у витрати. По-третє, міра транспортної роботи (тонно-кілометр) позбавлена фізичного змісту, так як відображає функціональну схему АТЗ тільки як засобу перевезень (в розрахунковій схемі транспортного циклу – самохідного кузова, рис. 4): $q\gamma_{cm}l$ - вантажопідйомність автомобіля і ступінь її використання; l - відстань перевезення вантажів.

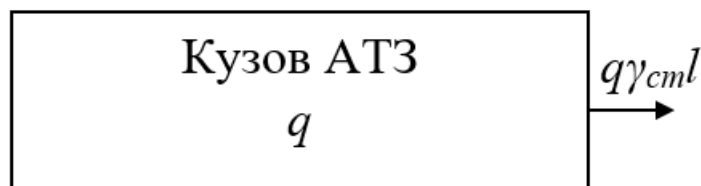


Рисунок 4 – Схематичне зображення транспортного засобу як самохідного кузова

У зв'язку з вищезазначеним, в сучасних умовах розвитку ринку автотранспортних послуг необхідно знайти інші критерії оцінки ефективності роботи транспортних засобів, які б враховували функції автомобіля як носія технічних ресурсів автотранспорту (рис. 5).



СМ – складна машина;

ОУР – об'єкт управління рухом;

ПЗ – перевізний засіб;

ОТО – об'єкт технічного обслуговування;

ЗТВ – знаряддя технологічних впливів;

МОПР – матеріальна основа процесів перетворення ресурсів;

ТКТ – технологічний капітал транспорту.

Рисунок 5 – Схема функціонування автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту

Таким чином, існуючі дисципліни аналізують окремі аспекти функціонування транспортних засобів. Закономірності функціонування автомобіля як складної машини розглядаються в теорії автомобіля, поведінка автомобіля як транспортного засобу описується в теорії транспортних процесів. У роботах проф. Хабутдінова Р. А. [4,

5] використовуються наступні методи оцінки ефективності автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту (АНТРТ):

а) енергетична система для перетворення транспортних ресурсів;

б) технологічна схема взаємозамінності багатofункціональних АНТРТ;

в) математичні моделі для аналізу енерго- та ресурсоефективності автотранспорту в узагальненому вигляді.

Необхідно зазначити, що поняття «енерго- і ресурсоефективність» відображає енергоефективність АНТРТ при виконанні транспортних операцій з урахуванням низки характеристик, наведених на рис. 5. У вказаних роботах представлено загальну методологію підвищення енерго- та ресурсоефективності загального типу транспортного засобу. Вони не враховують специфіку експлуатації транспортних засобів та технологічних процесів у міжнародних перевезеннях.

Відповідно до обраного об'єкта дослідження в даній роботі розроблено методику підвищення ефективності автопоїздів за енергетичним критерієм, яка базується на розрахункових схемах енерго- та ресурсоефективності транспортного засобу [5]. Основна ідея цієї методики полягає в підвищенні техніко-технологічної якості перевезень, яка визначається значенням показника енергоефективності транспорту (співвідношення між виконаною транспортною роботою та витратами енергії або палива). В існуючих методиках споживання енергії не визначається, а споживання палива розраховується на основі нормативів.

Для аналізу технічних інновацій на автомобільному транспорті було запропоновано схему структурно-параметричної організації конструкції транспортного засобу (СПОКА), згідно з якою процес руху транспортного засобу з вантажем (пасажирами) забезпечується роботою двох основних пристроїв конструкції транспортного засобу: енерго-перетворюючого і вантажо-несучого (рис. 6). Перший трансформує хімічну енергію палива в кінетичну енергію вантажу (пасажирів), а другий передає вагу вантажу на дорогу через колеса. Іншими словами, модульність засобів перетворення енергії і засобів

перевезення забезпечує загальний підхід до конструкції транспортного засобу. Прогрес в перетворенні енергії та транспортуванні вантажу, які забезпечуються цією концепцією транспортного засобу, гарантуються цілеспрямованим вибором структури та параметрів його функціональних модулів. Гнучкість технічного вигляду транспортного засобу в межах опису елементів типорозмірного ряду рухомого складу (РС) базується на представленні структури транспортного засобу у вигляді певного набору ознак структурно-параметричної організації конструкції транспортного засобу. Вибір ознак та параметрів цих об'єктів повинен забезпечувати максимізацію енергоефективності конструкції транспортного засобу. В даному випадку модуль енергоперетворення енергії (ЕППА) являє собою окремий бортовий транспортний засіб (рис. 6, а) або сідельний тягач (рис. 6, б). Транспортні модулі (ВНПА) – це кузов тягача та причепа (причіпний АТЗ) або кузов напівпричепа (сідельний АТЗ). На даному рисунку використовуються наступні елементи:

Д – двигун;

МТЕ – модуль трансформування енергії;

МРЕ – модуль розподілу енергії;

КТМ – колісний тяговий модуль;

ЕППА – енергоперетворюючий пристрій;

ВНПА – пристрій вантажонесення бортового автомобіля-тягача;

К – кузов;

О – рама;

ПД – підвіска;

ВХМ – ведучий ходовий модуль;

Q – потік палива, що витрачається за час операції;

G_B – маса вантажу;

G_e – експлуатаційна маса АТЗ;

P_m – сила тяги;

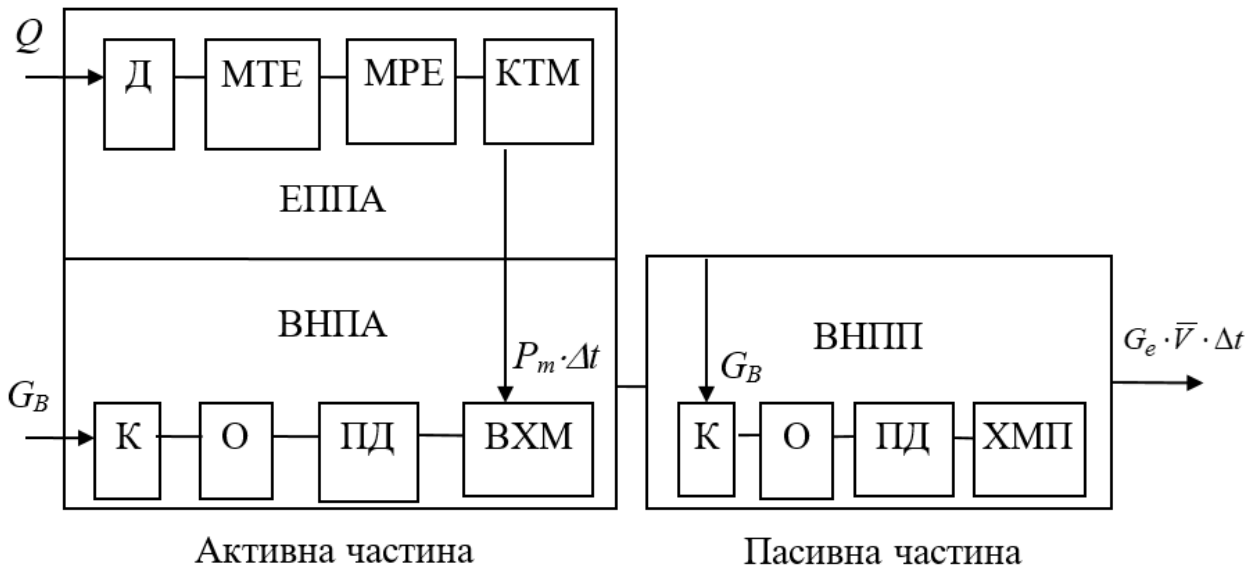
Δt – час операції;

\bar{V} – середня швидкість АТЗ;

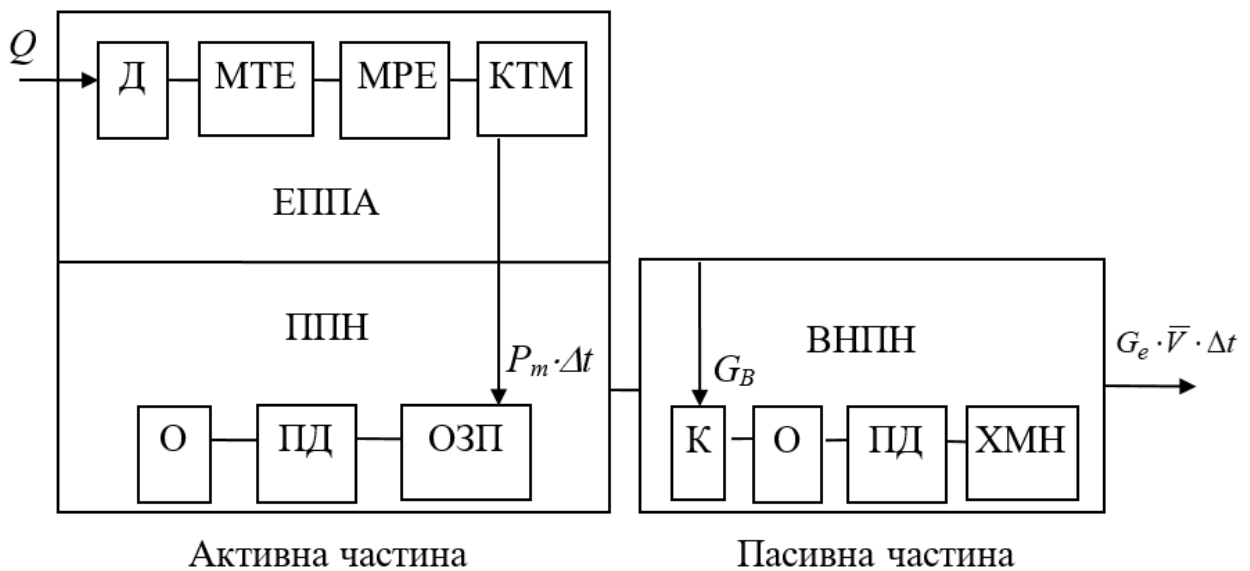
ВНПП – пристрій вантажонесення причепа;

ХМП – ходовий модуль причепа;

ППН – пристрій поєднання сидельного тягача з напівприцепом;
 ОЗП – опорно-зчіпний пристрій;
 ВНПН – пристрій вантажонесення напівпричепа;
 ХМН – ходовий модуль напівпричепа.



а)



б)

Рисунок 6 – Схематичне зображення структурно-параметричної організації конструкції причіпного (а) та сидельного (б) автопоїздів

На відміну від схеми самохідного кузова (див. рис. 4), СПОКА має у своїй структурі одинадцять (дванадцять) конструктивних модулів, які забезпечують перетворення внутрішньої енергії транспортного засобу та формування фізичного транспортного продукту:

$$W_{\phi} = \sum_{i=1}^n G_{\phi i} V_i \Delta t_i. \quad (1)$$

У кожному транспортному процесі, таким чином, проявляється здатність СПОКА перетворювати енергію і транспортні ресурси у фізичний продукт W_{ϕ} . Важливу роль СПОКА в транспортному процесі слід враховувати не тільки при аналізі транспортних технологій, але й при визначенні схем кругообігу капіталу на транспорті. В економічній теорії прийнята схема обліку кругообігу капіталу (рис. 7, б). Вона передбачає, що авансований капітал відразу трансформується у витрати, минаючи фазу його матеріальної форми в ресурсах і подальшого перетворення у фізичний продукт.

Це означає, що всі потоки вартості, задіяні у створенні та експлуатації об'єктів автомобільних перевезень, компенсуються доходами, які визначаються транспортним тарифом. А це визначає частку транспортних витрат у ціні перевезеного товару і, відповідно, конкурентоспроможність власника товару при його реалізації. Таким чином, у системі відтворення автотранспортних послуг існують взаємопов'язані та взаємозалежні потоки створення вартості, які, в свою чергу, залежать від ступеня пристосованості конструкції транспортного засобу до економії транспортних ресурсів на стадії експлуатації. Послуги автомобільного транспорту – це товар, якість якого є індивідуальною, враховуючи специфічні конструктивні, транспортні, дорожні та економічні фактори транспортного процесу. Метою транспортної галузі є максимізація прибутку від перевезень шляхом забезпечення певної ресурсної ефективності транспортних засобів, що визначає конкурентоспроможність транспортної компанії. Придатність транспортного засобу до підвищення енерго- та

ресурсоефективності перевезень розглядається як енергоресурсна якість (ЕРЯ) автотранспортних послуг, рівень якої визначається показником енерго- та ресурсоефективності транспортного процесу [3].

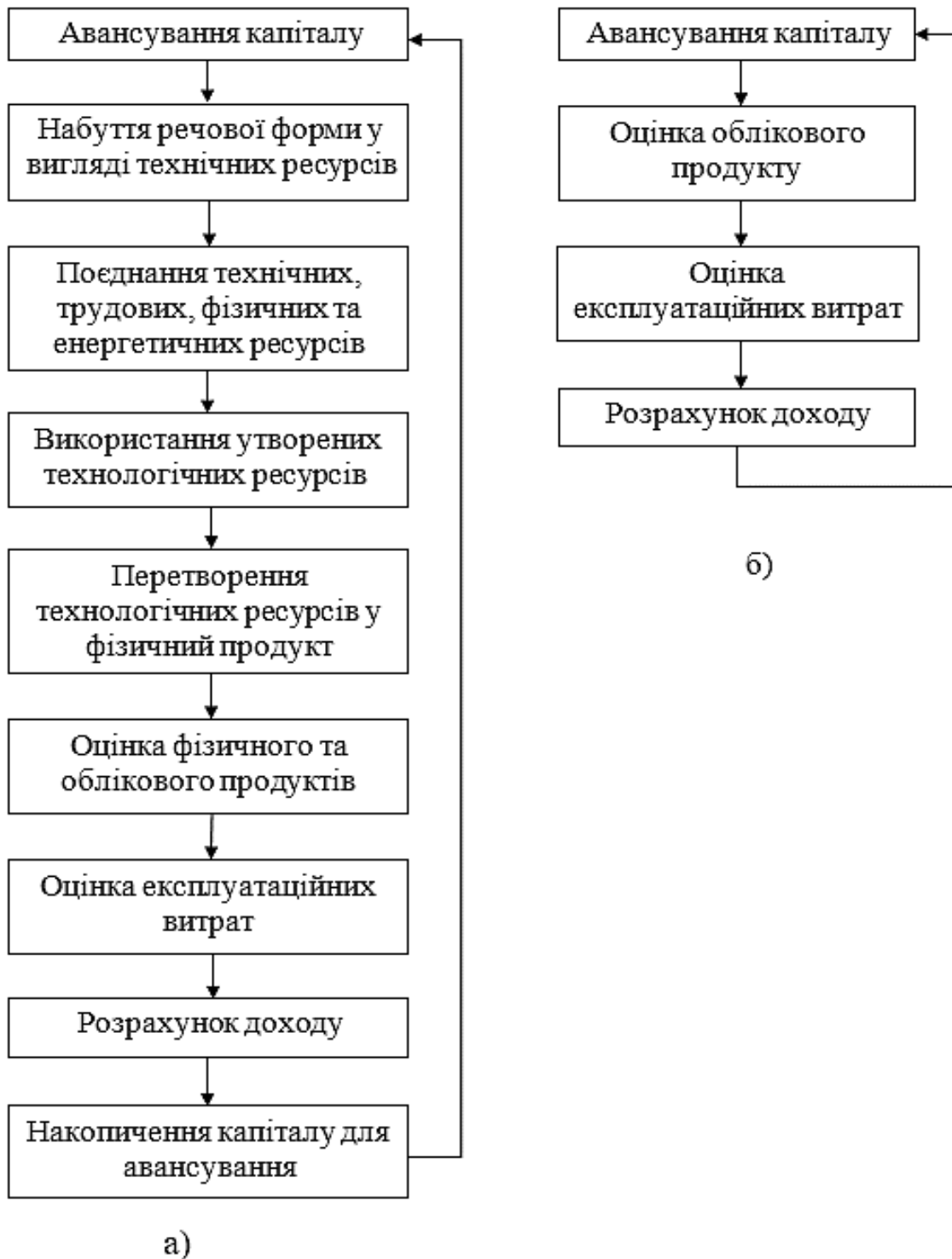


Рисунок 7 – Схеми кругообігу капіталу у виробництві (а) та бухгалтерському обліку (б)

Показником технологічного рівня вантажних перевезень є співвідношення між виконаною транспортною роботою та відповідними витратами енергії (чи палива). Транспортно-технологічна якість транспортного засобу являє собою сукупність експлуатаційних характеристик і технічних параметрів, що характеризують придатність транспортного засобу для підвищення технологічного рівня перевезень [14]. З метою створення енерго- і ресурсозберігаючих технологій технічні (конструктивні) параметри транспортного засобу мають гарантувати оптимальність наступних показників транспортно-технологічної якості: транспортну енергоефективність (P_{ep}); енергетичну результативність технологічних впливів на предмет перевезень (TB).

Методика обґрунтування транспортно-технологічної якості АТЗ повинна ґрунтуватися на концепції економії енергії та ресурсів на різних етапах життєвого циклу транспортного засобу. Водночас ця методика застосовується на етапі експлуатації транспортного засобу, який пов'язаний з корисним використанням транспортного засобу – виконанням транспортних операцій. Останні по суті складаються з переміщення транспортного засобу з вантажем. Кількісною мірою руху є енергія. З точки зору механіки транспортних засобів, кількість спожитої енергії, таким чином, відповідає виконаній транспортній роботі. Основою транспортного процесу є трансформація внутрішньої енергії двигуна $E_{\delta\epsilon}$ в імпульс кількості руху вантажу (рис. 8), що відповідає дискретній транспортній роботі ΔW :

$$E_{\delta\epsilon} \rightarrow P_m \Delta t \rightarrow q\gamma_{cm} V \Delta t \rightarrow \Delta W. \quad (2)$$

Отже, автомобіль як продуктоутворюючий інструмент технологічних впливів оцінюється значеннями імпульсів тягового зусилля $P_m \Delta t$. Підсумком цих впливів є транспортна робота $W(\Delta l)$, яка визначена для характерного пробігу Δl . На додаток до наведених вище пояснень слід зазначити, що імпульс тягового зусилля $P_m \Delta t$ є зовнішнім фактором руху транспортного засобу з точки зору фізики руху колісних транспортних засобів.

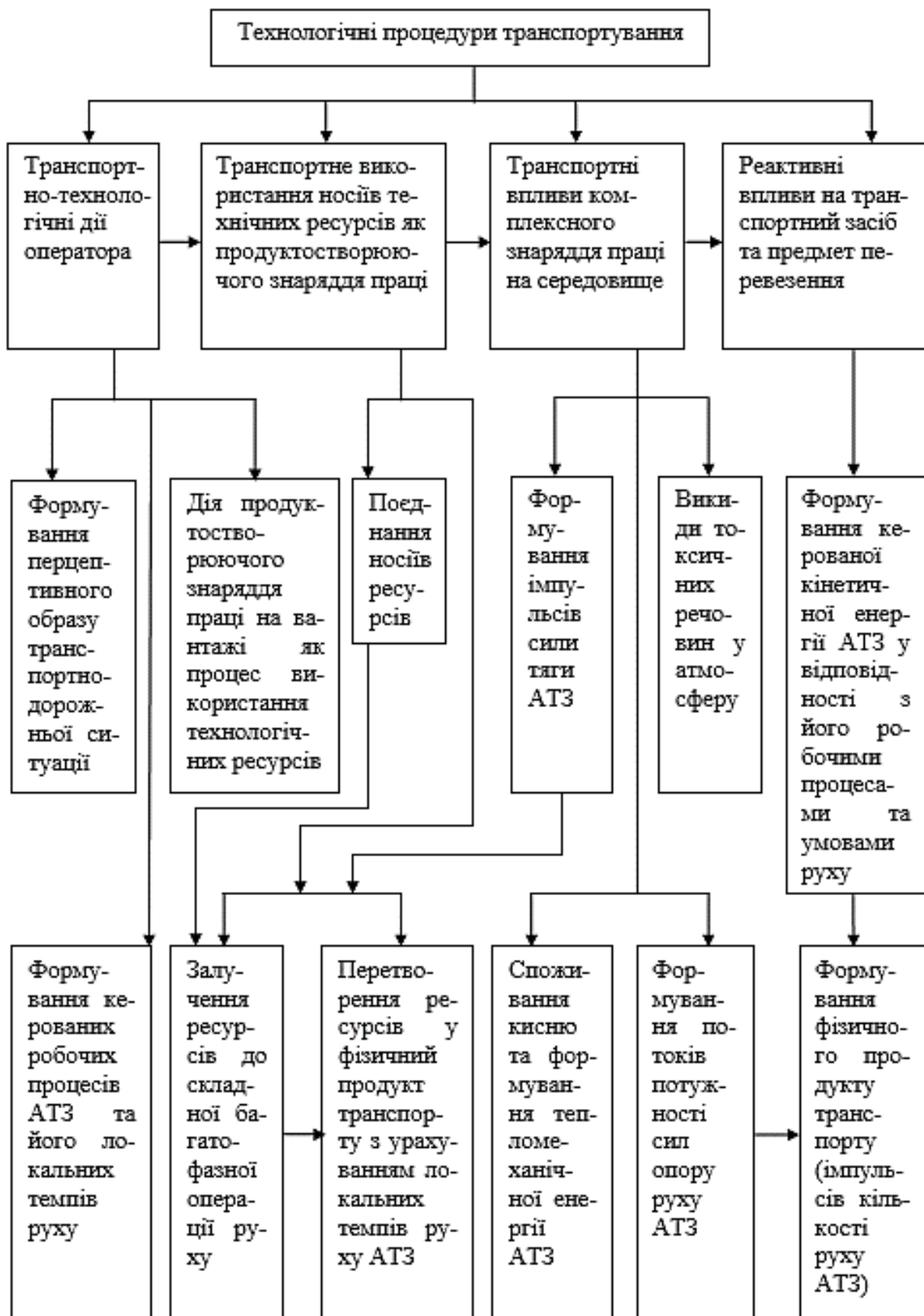


Рисунок 8 – Структура технологічних процедур формування транспортного продукту

З точки зору транспортних технологій, величина $P_m \Delta t$ є технологічним фактором транспортного продукту, оскільки вона перетворюється у величину кількості руху експлуатаційної маси транспортного засобу G_e :

$$P_m \Delta t \rightarrow G_e V. \quad (3)$$

Показником результативності технологічних впливів є співвідношення між дискретною транспортною роботою $W(\Delta l)$, яка відповідає характеристиці руху АТЗ Δl , та величиною імпульсів тягового зусилля АТЗ $P_m \Delta t$:

$$TB = \frac{W(\Delta l)}{P_m \Delta t^2} \rightarrow opt, \quad (4)$$

Показник результативності технологічного впливу є проміжним етапом у визначенні енергоефективності транспортного засобу, проте він дає можливість проаналізувати ефективність технологічних впливів, що являють собою суть автотранспортних технологій. Цей показник TB слід розглядати у взаємозв'язку з показником енергоефективності.

Для розробки математичної моделі показника енергоефективності було використано метод аналогій з еталонним прототипом АТЗ [5]. Останній є розрахунковою моделлю ідеального транспортного засобу і не змінюється в наступні 20 – 30 років. Протягом цього періоду завдання безперервного вдосконалення транспортного засобу вирішується як поступове наближення його показників транспортно-технологічної якості до еталонного прототипу [3].

Для визначення показника енергоефективності розроблена енергетично нормалізована схема транспортного процесу між терміналами Т1, Т2, Т3...Тк (рис. 9). На відміну від існуючої схеми (див. рис. 1) вона враховує процеси перетворення енергії в транспортних операціях.

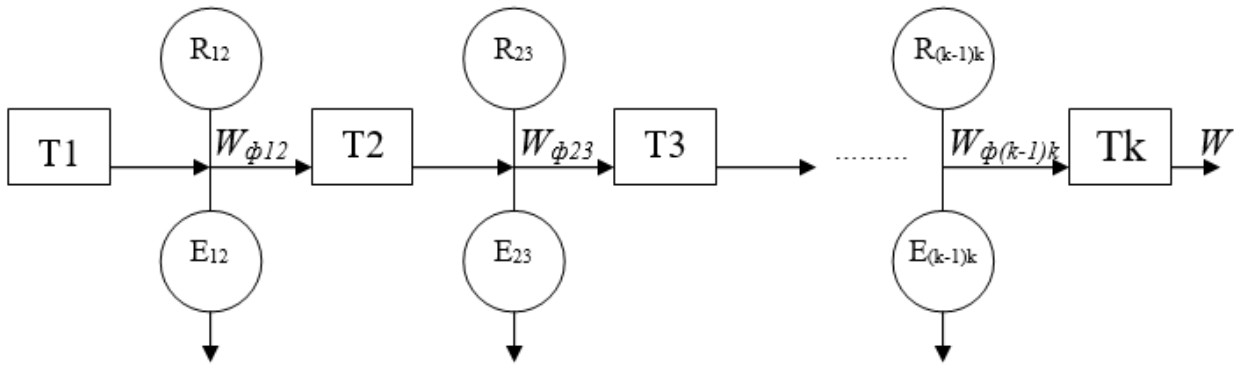


Рисунок 9 – Схема перевезення відповідно до енергетичної моделі перетворення ресурсів (R) транспорту у фізичний продукт W_{ϕ} та споживання енергії (E)

Порівнюючи енергетичні показники автомобіля з показниками його еталонного прототипу, визначають енергетичні коефіцієнти пробігу та швидкості. Потім вони використовуються для створення моделі енергоефективності транспортного засобу. Цей показник є співвідношенням між транспортною енерговіддачею даного АТЗ у тестовій операції ρ та транспортною енерговіддачею еталонного АТЗ у еталонній операції ρ_{em} :

$$\Pi_e = \frac{\rho}{\rho_{em}} = \frac{K_v \gamma_{cm}}{K_e (\eta_q + \gamma_{cm})} \rightarrow \max, \quad (5)$$

де K_v – коефіцієнт швидкості (відношення середньої швидкості АТЗ в тестовому циклі до швидкості еталонного АТЗ);

γ_{cm} – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності;

K_e – енергетичний коефіцієнт пробігу (співвідношення між витратою палива даного АТЗ в циклі та витратою палива еталонного АТЗ, який рухається з постійною еталонною швидкістю);

η_q – коефіцієнт спорядженої маси АТЗ.

Крім того, енергетичний еквівалент для пробігу l_e , швидкості V_c та часу руху t_{pe} АТЗ визначаються шляхом порівняння транспортного засобу з еталонним прототипом:

$$\begin{aligned} l_e &= l \cdot K_e, \\ V_c &= V_{em} \cdot K_v, \\ t_{pe} &= t_p \cdot K_t, \end{aligned} \quad (6)$$

де l , V_{em} , t_p – пробіг АТЗ на маршруті (м), еталонна швидкість (дорівнює 40 км/год) та час руху (с);

K_e , K_v , K_t – енергетичні коефіцієнти пробігу, швидкості та часу руху автомобіля.

Показники (6) використовуються у формулах продуктивності та собівартості, відомих з теорії транспортних процесів. Для врахування затримок при в'їзді в місто в цих моделях також вводиться час затримки (очікування) t_3 , який задається в діапазоні 0...12 год. В результаті отримано енергоеквівалентні показники продуктивності W_{GE} та собівартості S_{WE} :

$$W_{GE} = \frac{q \gamma_{cm} l_{ei}}{t_p K_t + t_{np} + t_3} = K_w W_\Gamma, \quad (7)$$

де l_{ei} – довжина пробігу АТЗ з вантажем за їздку, км;

t_p – час руху АТЗ, год.;

t_{np} – час простою АТЗ при навантаженні-розвантаженні, год;

t_3 – час затримки (очікування) при в'їзді у місто внаслідок обмежень руху, с;

K_w – енергетичний коефіцієнт годинної продуктивності АТЗ:

$$\begin{aligned} K_w &= \frac{K_v}{X_\partial (K_e - 1) + 1}, \\ K_v &= c_1 x^2 + c_2 x + c_3, \\ K_e &= b_1 x^2 + b_2 x + b_3, \end{aligned}$$

де X_∂ – частина часу руху АТЗ у підсумковому часі їздки t_i :

$$X_\partial = \frac{t_p}{t_i} = \frac{t_p}{t_p + t_{np} + t_3}$$

W_T – годинна продуктивність АТЗ, ткм/год.,

$$S_{WE} = \frac{C_{зм} l_{\partial i} K_e + C_{noc} (t_p K_t + t_{np} + t_3)}{W_i} = K_s S_W, \quad (8)$$

де $C_{зм}$ – змінні витрати на 1 км пробігу, гр./км;

C_{noc} – постійні витрати на 1 годину роботи, гр./год;

W_i – транспортна робота АТЗ за їздку, ткм;

K_s – енергетичний коефіцієнт собівартості перевезень:

$$K_s = K_e \left(s_1 + s_2 \frac{C_{noc}}{C_{зм}} \right),$$

$$K_e = b_1 x^2 + b_2 x + b_3$$

де s_1, s_2 – коефіцієнти, які враховують експлуатаційні фактори перевезень;

S_W – собівартість виконання 1 ткм транспортної роботи, гр./ткм,

x – значення конструктивного параметра.

Удосконалення використання АТЗ в енергетично нормалізованій схемі автотранспортної операції відбувається згідно критеріїв:

$$W_{TE} \rightarrow \max, \quad S_{WE} \rightarrow \min \quad (9)$$

Перевагою запропонованої моделі є те, що енергетичні показники K_e і K_t при розв'язанні завдань організації перевезень встановлюються рівними одиниці. Ці коефіцієнти враховуються при вирішенні організаційно-технологічних завдань. Щоб визначити ці коефіцієнти розроблено математичні моделі та методи моделювання [3]. Вони

можуть бути використані для вирішення технологічних та організаційних задач автомобільних перевезень враховуючи еволюцію конструктивних параметрів автомобілів, транспортних умов та характеристик дороги.

Рівень АТЗ як науково-технічного продукту визначається показником споживчої якості P_{ca} , який є мультиплікативною функцією п'яти показників споживчої якості:

$$P_{ca} = P_{ep} \cdot P_{\partial} \cdot P_{emc} \cdot P_{me} \cdot TB, \quad (10)$$
$$P_{ep} \geq P_{epj}, P_{\partial} \geq P_{\partial j}, P_{emc} \geq P_{emcj}, P_{me} \geq P_{mej}, TB \geq TB_j,$$

де P_{ep} – показник енергоефективності АТЗ;

P_{∂} – показник довговічності (відношення амортизаційного пробігу даного АТЗ до його середнього значення для сегменту АТЗ);

P_{emc} – показник ресурсної неоднорідності конструкції АТЗ, який залежить від агрегатної структури транспортних засобів, нормативного пробігу агрегатів, а також їх цін;

P_{me} – показник товарної економічності, який являє собою відношення середньої ціни АТЗ у даному сегменті ринку до ціни конкретного АТЗ;

TB – коефіцієнт енергетичної результативності технологічного впливу АТЗ у тестовій операції;

j – коефіцієнт, що показує обмеження характеристик споживчої властивості у сегменті АТЗ.

Використовуючи розроблені математичні моделі показників транспортно-технологічної якості автотранспортних засобів, наступним етапом є техніко-технологічний аналіз впливу змін технічних параметрів, транспортних і дорожніх умов транспортування на технологічний рівень перевезень.

III. БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОРЕСУРСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Основна ідея управління розвитком рухомого складу (РС) в дорожньо-транспортній системі полягає в забезпеченні економії енергії та ресурсів під час створення та експлуатації автотранспортного засобу (АТЗ). Під час дорожнього руху енергоємність перевезень визначається технічними характеристиками транспортного засобу, дискретно-нерівномірними видами руху та характеристиками дорожнього покриття. Щоб врахувати ці фактори, моделюється робота транспортних засобів у міських, міжміських та змішаних циклах. Енергетичні коефіцієнти ефективності транспортного засобу в цих циклах співставляються з енергетичними коефіцієнтами еталонного прототипу в еталонному режимі. Математична модель функціонування транспортного засобу в тестовому режимі базується на аналітичних залежностях його дискретної кінематики, динаміки та енергетики. Таким чином, вдалося створити модель для узагальненої тестової операції, яка підходить для оцінки конкуруючих варіантів АТЗ. З іншого боку, можна варіювати режими дискретного руху транспортного засобу та характеристики дороги. Ці особливості моделі дозволяють підбирати послідовності випробувань відповідно до конкретного режиму експлуатації транспортного засобу і гарантують, що методи оцінки експлуатації для проектування транспортного засобу узгоджуються з методами випробувань їздового циклу, широко використовуваними в автомобільній промисловості.

При моделюванні руху транспортного засобу в тестових умовах експлуатації на електронно-обчислювальній техніці відповідно до плану робіт імітуються характеристики дискретної кінематики, динаміки та енергетики модульного АТЗ. Результатом моделювання є відтворення роботи (експлуатації) автотранспортного засобу та перевірка відповідності конструктивної придатності АТЗ до концепції збільшення енерго- та ресурсоефективності проектів перевезень.

Новизною методики, що дозволяє досягти цієї мети, є те, що автомобіль як динамічний транспортний засіб розглядається з точки

зору споживача дорожньо-транспортної системи. Останнє вимагає комплексної оцінки технічної придатності автомобіля як складної машини, об'єкта управління дорожнім рухом і перевізного засобу. Такий підхід є необхідним, оскільки з точки зору економічної теорії під ресурсами розуміють запаси транспортної праці в спорядженому транспортному засобі. Транспортна робота – це механічна категорія (переміщення вантажів чи пасажирів). Вимірником переміщення транспортного засобу з вантажем є енергія. Тому врахування транспортного засобу як динамічного засобу транспортної роботи дає можливість проаналізувати складний процес перетворення енергії та ресурсів, беручи до уваги наступне:

- 1) процеси експлуатації транспортного засобу як складного технічного пристрою та об'єкта управління дорожнім рухом;
- 2) техніко-економічне використання транспортного засобу в транспортному процесі з урахуванням аналізу конструктивної досконалості транспортного засобу та його економічної ефективності.

Цілі моделювання полягають у наступному:

- 1) створення подібних варіантів конструкції та параметрів в межах цільної уніфікованої моделі модульної структури транспортного засобу;
- 2) відтворення руху АТЗ відповідно до встановленої операційної карти;
- 3) оцінка видів структурно-параметричної організації конструкції АТЗ;
- 4) виявлення варіанту, який досягає найвищої енергоефективності транспортного засобу;
- 5) створення аналітичного транспортного циклу та розрахунок індексів енергетичної продуктивності та витрат.

Втрати енергії та палива в тестовому циклі розраховуються згідно закономірностей впливу робочих процесів конструкції АТЗ на потік його потужності $N(t)$, а також питомої витрати палива $g(t)$. Витрати енергії під час тестової експлуатації визначаються наступним чином:

$$E_{II} = \sum_{i=1}^{n_y} \left(\int N_{yi} dt + c_{1i} \right) + \sum_{i=1}^{n-n_y} \left(\int N_i(t) dt + c_{2i} \right), \quad (11)$$

де N_y, N – потужність двигуна відповідно при сталому та несталому русі АТЗ, кВт;

n – кількість фаз тестової операції;

n_y – кількість фаз сталого руху;

t – тривалість фази тестової операції, с;

c_1, c_2 – коефіцієнти інтегрування.

Втрати палива в тестовому режимі розраховується за наступною формулою:

$$Q_{II} = \sum_{i=1}^{n_y} \left(\int N_{yi} g_{yi} dt + c_{3i} \right) + \sum_{i=1}^{n-n_y} \left(\int N_i(t) g_i(t) dt + c_{4i} \right), \quad (12)$$

де g_y, g – питома витрата палива двигуна відповідно при сталому та несталому русі АТЗ, $\frac{\Gamma}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$;

c_3, c_4 – коефіцієнти інтегрування.

Наразі технічна політика світових виробників транспортних засобів є такою, що визначити зрівняльні переваги одного чи іншого варіанту конструкції методами теорії автомобіля досить складно. Вирішити цю проблему допомагає чутливість математичних моделей енергоефективності транспортних засобів. При цьому конкретизується найважливіший для експлуатації транспортних засобів елемент – ефект зміни технічних характеристик на енергетичний вихід транспортного проекту. На практиці таке завдання аналізу з'являється при виборі транспортного засобу з декількох варіантів одного типу конструкції, які відрізняються один від одного лише характеристиками однієї з конструктивних особливостей або одним параметром. У параметричному аналізі можна розглядати групу подібних транспортних засобів, які, за інших рівних умов, відрізняються лише характеристиками одного параметра.

Формалізація задачі однопараметричного аналізу конструкції складається наступним чином. Задано набір варіантів конструкції одного типорозміру ($q = \text{const}$), які відрізняються значеннями будь-якої характеристики модулів конструктивної основи транспортного засобу (двигуна, трансмісії, головної передачі, коліс тощо). Необхідно визначити варіант конструкції транспортного засобу, який забезпечує умову максимальної енергоефективності транспортного засобу під час тестової експлуатації:

$$P_{ep} \rightarrow \max. \quad (13)$$

Коефіцієнти транспортно-технологічної якості АТЗ розраховуються в результаті імітаційного моделювання його роботи в умовах тестової операції руху [3], схема якої наведена на рис. 10. Значення максимальної швидкості АТЗ у циклі визначається наступним чином:

$$V_m = V_r(h_g, u_{kr}) + \Delta V_s(n_n) \quad (14)$$

$$\Delta V_s = \sum_{i=1}^{n_n} \Delta V_i$$

де V_r – кінцева найменша швидкість АТЗ;

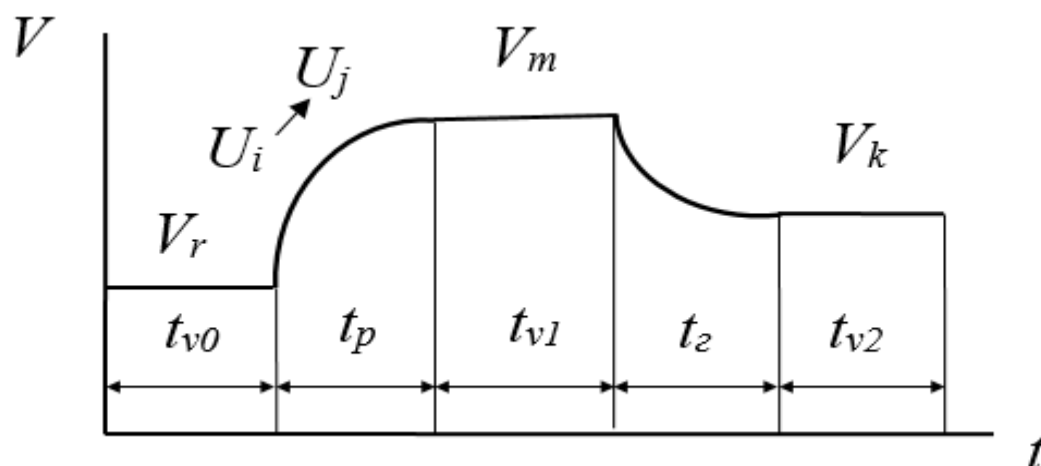
ΔV_s – загальне зростання швидкості у фазі;

ΔV_i – збільшення швидкості на i -й передачі при розгоні АТЗ, яке пояснюється динамікою розгону АТЗ і послідовністю трудових впливів водія;

n_n – число передач, які задіяні при розгоні згідно з вказаною операційною картою (для визначення n_n використовується спеціальна підпрограма);

h_g – відносне знаходження педалі надання палива паливним насосом, $h_g \in (0;1)$;

U_{kr} – передавальне число коробки передач, що відповідає V_r .



V_r, V_m, V_k – задані значення швидкості сталого руху автопоїзда (початкова, максимальна та кінцева відповідно);

t_{v0}, t_{v1}, t_{v2} – тривалість фаз руху АТЗ при швидкостях відповідно V_r, V_m, V_k ;

$U_i \dots U_j$ – передаточні числа коробки передач, які використовуються при розгоні АТЗ в діапазоні швидкостей $V_r \dots V_m$;

t_p, t_2 – тривалість фаз руху АТЗ при розгоні та гальмуванні відповідно.

Рисунок 10 – Карта тестової операції руху

Для кожного з розроблених варіантів конструкції транспортного засобу за результатами моделювання були отримані значення їх транспортно-технологічних показників якості [3].

IV. МЕТОДИКА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ МАЙБУТНІХ ПРОЕКТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Проекти автомобільних перевезень (АП) пов'язані з авансуванням капіталу на відновлення технічних ресурсів транспорту [3]. Для прийняття інноваційних рішень використовуються математичні моделі транспортного прибутку. При цьому на основі моделей прибутку минулих періодів враховується комерційна рентабельність проекту перевезень та зміна грошової маси в часі (дисконтування,

компаундування) [9]. Однак, вартісні моделі прийняття рішень не відображають техніко-технологічну сторону інновацій, оскільки мають ряд недоліків. У літературі [10] для визначення критеріїв ефективності використовують дві групи методів: статичні (прості) та динамічні (методи дисконтування). Перші мають простий алгоритм розрахунку і можуть бути використані для швидкої оцінки проекту. Однак ці методи мають такі недоліки: вони не враховують майбутню вартість грошей і сильно залежать від нормативної економічної ефективності. Друга група методів враховує фактор часу, але вимагає детального прогнозу грошових потоків. Крім того, ці методи не можуть бути використані для вирішення технологічних задач аналізу проектів АП.

Слід також зазначити, що існуючі методи проектного аналізу були прийняті за аналогією з іншими сферами матеріального виробництва (непарадоксальними) без урахування вищезгаданих особливостей засобів праці та способу виробництва. З іншого боку, ці методи також не враховують суті процесу створення продукту, оскільки розглядають лише акти його споживання. Вони також не враховують фізичні явища перетворення енергії під час складного руху транспортних засобів по дорожній мережі, які визначають транспортні процеси і визначають матеріальну сутність технологій. Можна зробити висновок, що існуючі методи аналізу конструкцій транспортних засобів можуть бути використані лише для вирішення економічних та фінансових завдань. У цьому контексті для вирішення задачі техніко-технологічного аналізу проектів АП використовується теорія енерго- та ресурсоефективності АТЗ [15].

Комплексне вирішення задач удосконалення організації і технології перевезень на основі принципів експлуатаційної раціональності технічних і організаційних інновацій представлено у вигляді блок-схеми (рис. 11). Перший етап – це формування блоків вихідних даних. При цьому вихідні дані про організацію доставки, що використовуються в існуючих методиках, доповнюються даними, які враховують технічну і технологічну новизну проектів АП.

Початкова інформація щодо організації доставки включає:
- вид вантажу (відповідно до класифікації вантажу);

- тип контейнера, пакування і методи консолідації вантажних місць, які мають велике значення для планування і організації процесів завантаження і розвантаження у вантажовідправника і вантажоодержувача, а також для обліку і перевірки кількості вантажу;
- довжину ділянок маршруту перевезення;
- розташування вантажовідправників, вантажоодержувачів, терміналів, проміжних пунктів і відстані між ними;
- інформація про можливі обмеження руху на певних ділянках маршруту з метою розробки альтернативних варіантів.

Вихідні дані для аналізу транспортних технологій включають:

1. Конкуруючі варіанти конструкції АТЗ. Для розробки конкуруючих варіантів конструкції АТЗ використовується схема його модульної структурно-параметричної організації. Послідовно змінюючи значення різних характеристик модулів транспортного засобу, отримуємо ряд варіантів конструкції транспортного засобу.

2. Розподіл пробігу АТЗ при різних режимах руху. Останнім часом на практиці все частіше використовується транспортна схема, при якій міжнародна доставка і доставка до одержувачів здійснюється одним і тим же транспортним засобом. У зв'язку з цим збільшується час експлуатації транспортних засобів в міських умовах, які відрізняються від магістральних доріг (особливо з точки зору тривалості циклу). Оскільки експлуатація транспортного засобу в різних умовах впливає на його енергоефективність, до вихідних даних додається блок інформації про розподіл пробігу транспортного засобу в різних режимах руху (міський та магістральний).

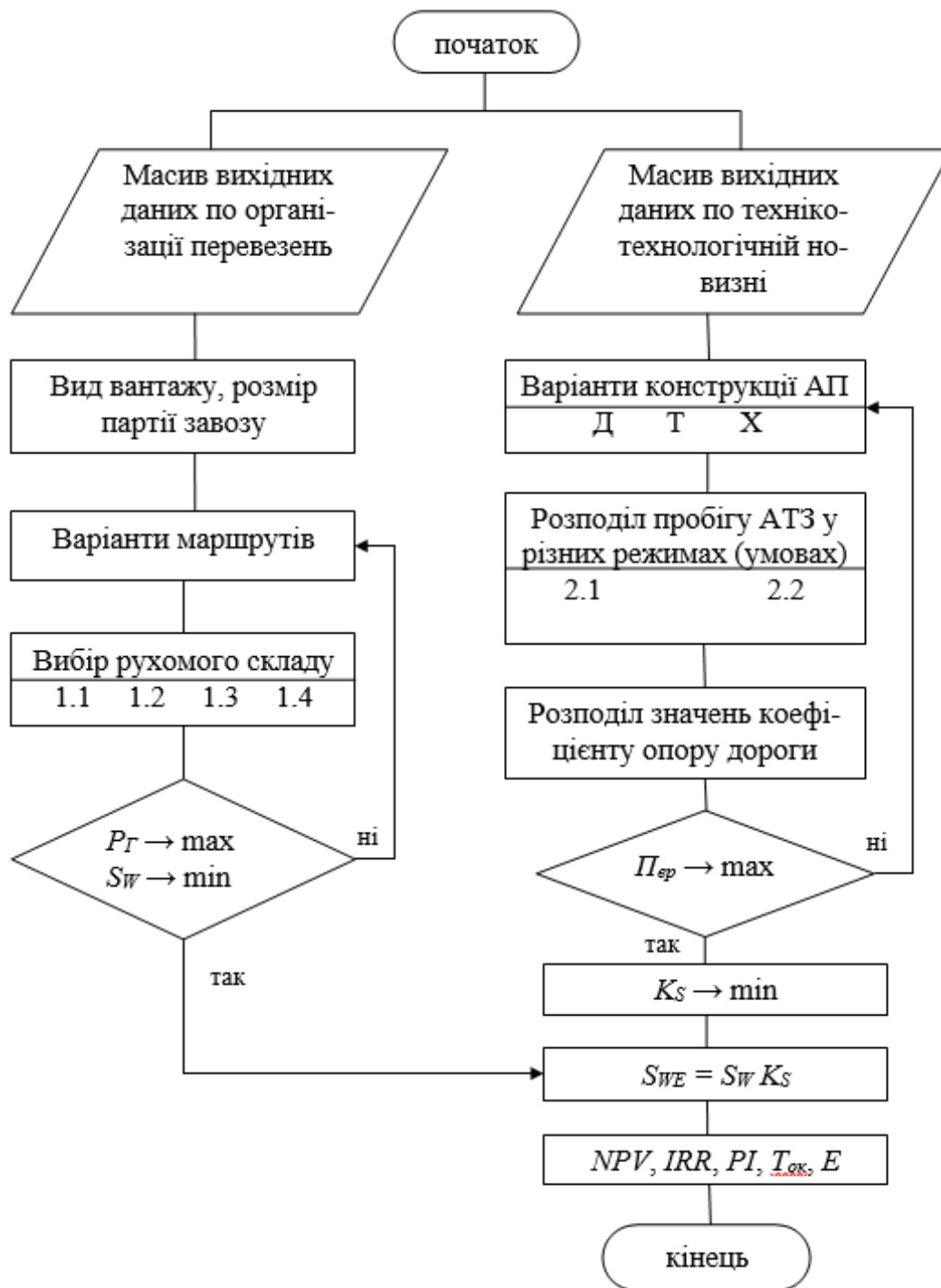


Рисунок 11 – Блок-схема розв'язання задачі обґрунтування організаційно-технологічних проектів вантажних автомобільних перевезень

На рисунку використані наступні позначення:

- 1.1 – вантажопідйомність АТЗ;
- 1.2 – вид кузова;
- 1.3 – вид АТЗ;

1.4 – модульна структура АТЗ;
Д – двигун;
Т – трансмісія;
Х – ходова частина;
2.1 – міський режим;
2.2 – магістральний режим;
 P_T – годинна продуктивність АТЗ;
 S_W – собівартість перевезень;
 P_{ep} – показник енергетичної ефективності АТЗ;
 K_S – енергетичний коефіцієнт собівартості;
 S_{WE} – енергоеквівалентний показник собівартості;
 NPV – чиста теперішня вартість;
 IRR – внутрішня норма рентабельності;
 PI – індекс прибутковості;
 $T_{ок}$ – період окупності проекту;
 E – енергоресурсозберігаючий ефект.

3. Розподіл значень коефіцієнту опору дороги. Під час перевезення від вантажовідправника до вантажоодержувача транспортний засіб поступово проходить всі ділянки маршруту, кожна з яких характеризується різним станом дорожнього покриття. Як вже зазначалося, характеристики дорожнього покриття впливають на показники транспортно-технологічної якості транспортного засобу. Тому для аналізу технічної та технологічної новизни проектів АП необхідно враховувати розподіл значень коефіцієнта дорожнього опору на різних ділянках дороги. У цьому випадку для розрахунків можна використовувати середньозважене значення цього коефіцієнта.

Наступним кроком є визначення оптимального маршруту доставки, необхідної вантажопідйомності транспортного засобу та його експлуатаційних показників (годинна продуктивність, собівартість 1 ткм транспортної роботи). Також на цьому етапі аналізуються різні варіанти конструкції транспортного засобу для заданих умов та обирається той, який максимізує показник енергоефективності P_{ep} [11]. На третьому етапі визначаються

енергетичний коефіцієнт собівартості K_s та енергоеквівалентна собівартість S_{WE} перевезень, які характеризують ефективність технічних і технологічних інновацій [12]. Заключним етапом є проектний аналіз АП. На цьому етапі визначаються фінансові показники, що характеризують організацію доставки вантажів та комерційну доцільність проекту АП [13].

Таким чином, розроблена методика є доповненням до існуючих методів обґрунтування та вибору РС. При вирішенні організаційних питань вантажних перевезень енергетичні коефіцієнти математичних моделей не враховуються (вони приймаються рівними одиниці). При вирішенні завдань удосконалення технологій АП ці коефіцієнти враховуються. Іншими словами, представлена методика дозволяє реалізувати більш загальний підхід до вирішення задачі підвищення ефективності автотранспортних технологій.

Останніми роками при аналізі економічної ефективності використання складної техніки набули поширення методи, що базуються на визначенні вартості життєвого циклу. Це пов'язано з тим, що сучасні умови розвитку економіки характеризуються кризовими явищами, зростанням інфляції та індексів цін, зміною банківських процентних ставок тощо [9]. Витрати на експлуатацію транспортного засобу змінюються з часом. У зв'язку з цим ефективність інвестицій в оновлення (заміну) транспортних засобів визначають на основі вартості їх життєвого циклу, використовуючи метод приведення майбутніх витрат до базової дати (як правило, до першого року експлуатації). Однак ці методи базуються на моделюванні минулих прибутків та очікуваних обсягів перевезень, тому вони не дозволяють оцінити технічні та технологічні інновації при обґрунтуванні проектів оновлення (заміни) транспортних засобів. У зв'язку з цим у цій роботі розроблено методику для вирішення цієї задачі, яка долає вищезазначені недоліки. Реалізація методики передбачає послідовне вирішення завдань, які зведені до трьох етапів (рис. 12).

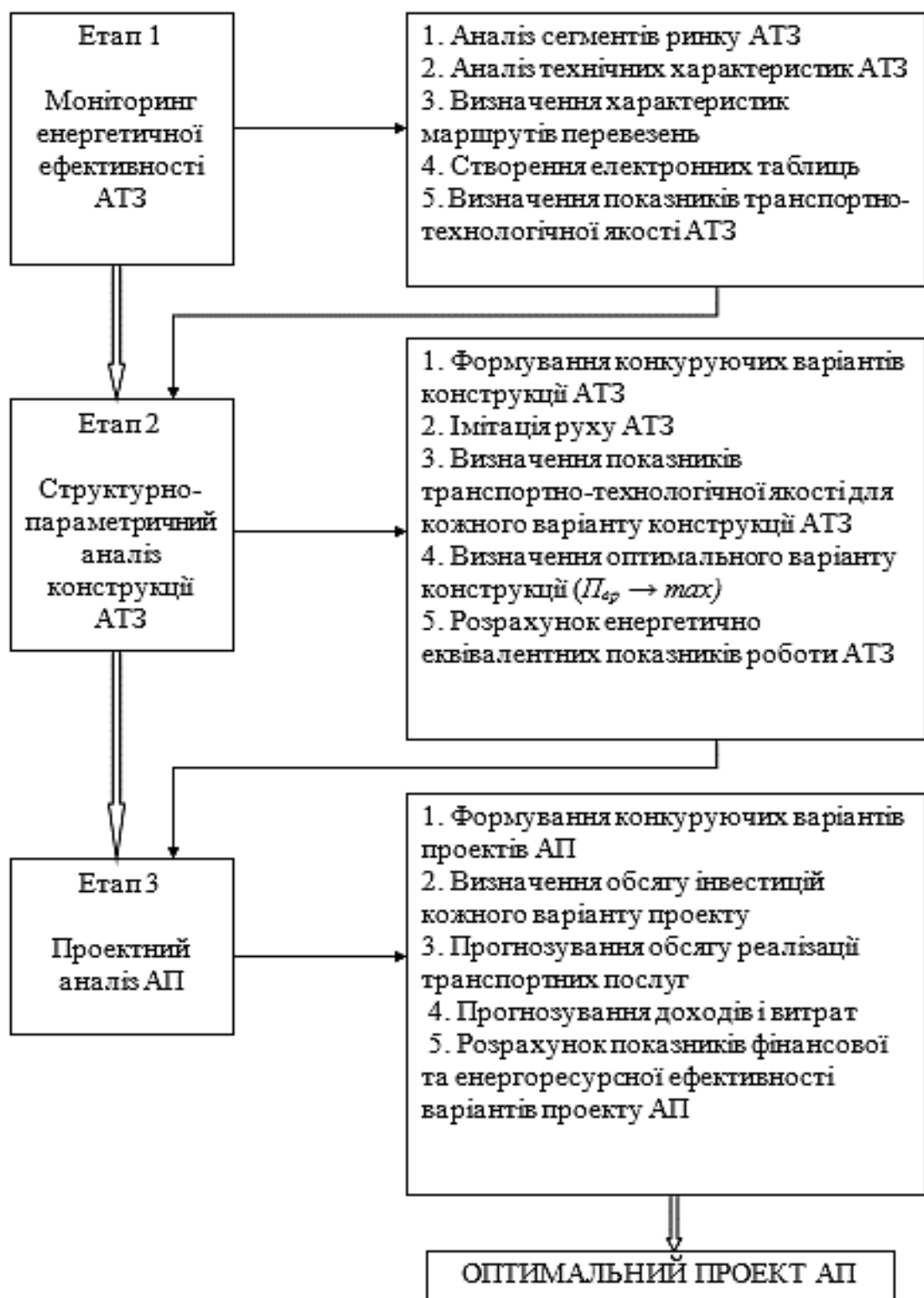


Рисунок 12 – Методика обґрунтування майбутніх проектів автомобільних перевезень

Перший етап – це моніторинг енергоефективності транспортних засобів. Мета моніторингу – визначення і прогнозування відповідності конструктивних параметрів транспортних засобів, представлених на

ринку, вимогам енерго- і ресурсозберігаючих автотранспортних технологій. У цьому контексті на цьому етапі збирається технічна інформація про нові моделі транспортних засобів, аналізуються їхні технічні характеристики та визначаються особливості маршрутів перевезень.

Для забезпечення порівняльного аналізу споживчих якостей і характеристик АТЗ у межах сегментів ринку розроблено таблиці з використанням програмного пакету EXCEL. Основним призначенням цих таблиць є запис, зберігання і автоматизація розрахунку показників транспортно-технологічної якості АТЗ, а також систематизація детальних характеристик для обґрунтування нового РС. Для цього розроблено математичні моделі показників енергоефективності P_{ep} та результативності технологічних впливів TB , які використовуються для класифікації АТЗ з точки зору їх придатності до енергозберігаючих транспортних технологій.

Ці таблиці використовуються для створення вихідних даних для другого етапу дослідження – структурно-параметричного аналізу конструкції транспортного засобу. Метою цього етапу є визначення закономірностей впливу параметрів конструкції транспортного засобу, умов перевезень та характеристик доріг на показники якості перевезень та технології. Для цього за допомогою електронних таблиць створюються конкуруючі варіанти конструкції транспортного засобу та моделюються шляхом імітації руху транспортного засобу відповідно до заданого плану експлуатації. Потім розраховуються транспортно-технологічні показники якості для кожного варіанту конструкції транспортного засобу та визначається варіант, який максимізує енергоефективність транспортного засобу ($P_{ep} \rightarrow \max$). Для цього оптимального варіанту визначаються показники ефективності транспортного засобу на розрахунковому маршруті в енергетичному еквіваленті. Ці дані також можуть бути використані на наступному етапі дослідження.

Заключним етапом є проектний аналіз АП, метою якого є порівняння альтернативних рішень і проектів та розробка оптимального проекту в умовах обмежених ресурсів. На першому етапі

формується конкуруючі (альтернативні) варіанти проекту АП, що відрізняються організаційними та/або техніко-технологічними характеристиками. Для кожного з варіантів визначається рівень інвестицій, необхідний для реалізації проекту. Потім прогнозується обсяг реалізації транспортних послуг. Для цього використовується один з наступних методів:

- 1) простий метод аналізу тренду (на основі поточних і минулих даних);
- 2) метод аналізу частки ринку;
- 3) метод колективного аналізу керівників та спеціалістів (метод експертних оцінок);
- 4) метод розширення ринку;
- 5) метод тестового маркетингу;
- 6) метод статистичного аналізу (заснований на використанні статистичних моделей).

На основі прогнозних цін (тарифів) на вантажні перевезення складається кошторис майбутніх доходів і витрат проекту. Після цього розраховуються фінансові показники та показники енергоефективності проектів АП. Для забезпечення технологічної конкурентоспроможності проекту перевагу слід надавати показникам енергоефективності, тобто оптимальним є проект, який мінімізує енергетичний показник собівартості ($S_{WE} \rightarrow \min$).

Підсумовуючи, можна сказати, що нова методика базується на теорії енерго- та ресурсоефективності в секторі автомобільного транспорту. Це дозволяє аналізувати транспортні процеси не тільки з точки зору їх організації, але й з точки зору технології, вводячи енергетичні коефіцієнти в існуючі моделі показників ефективності вантажних перевезень. Якщо завданням не є аналіз технології перевезень, енергетичні коефіцієнти приймаються рівними одиниці (не враховуються); якщо є необхідність оцінити технологічні інновації в транспортних проектах, ці коефіцієнти враховуються. Цей метод дозволяє більш узагальнено підійти до вирішення задачі підвищення ефективності технологій вантажних перевезень.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що існуючі методи аналізу автомобільних перевезень базуються на розрахункових схемах вантажних перевезень, які використовують вартісний (противитратний) підхід до збільшення їх ефективності. Вадю цих схем є те, що вони враховують лише одну технічну характеристику транспортного засобу – його вантажопідйомність. Однак ринок транспортних засобів пропонує види конструкцій з великим діапазоном зміни їх параметрів, які не враховуються існуючими розрахунковими схемами. Тому вони можуть розв'язувати тільки завдання організації доставки вантажів, а задачі збільшення технологічного рівня транспорту не можуть бути вирішені.

2. На основі теорії енерго- та ресурсоефективності транспортного засобу запропоновано критерії транспортно-технологічної досконалості транспортних засобів, які є показниками енергоефективності транспортного засобу та результативності його технологічного впливу. Ці показники ефективності, на відміну від існуючих, дозволяють врахувати сутність транспортних технологій – сукупність людино-машинних впливів спорядженого транспортного засобу на вантажні маси при створенні транспортної продукції, а також науковий опис цих впливів. Для аналізу впливу конструктивних параметрів, умов транспортування та характеристик доріг розроблено модульну схему структурно-параметричної організації транспортного засобу загального типу та енергетично адаптовану схему транспортного процесу, яка передбачає порівняння енергетичних характеристик конкретного транспортного засобу з енергетичними характеристиками еталонного прототипу.

3. Розроблено розрахункову схему тестової рухової операції перевезень, що розглядає процеси трансформації енергії і ресурсів на автомобільному транспорті. Вона забезпечує реалізацію нового підходу до вибору транспортних засобів з урахуванням дослідження впливу низки чинників (конструкція, експлуатація, дорога) на енерго- та ресурсоефективність транспортного засобу.

4. Запропоновано удосконалену методику проектного аналізу автотранспортних засобів, яка враховує їх технічні та технологічні інновації за критеріями енерго- та ресурсоефективності. Дана методика дозволяє врахувати не тільки динаміку фінансових характеристик з часом, але й технічні особливості транспортного засобу. При цьому запроваджено загальний методичний підхід до розв'язання складних організаційно-технологічних завдань з покращення перевезень. Він дає можливість поєднати переваги від покращення організації перевезень за вартісними критеріями та створення перспективного рухомого складу за енергетичними критеріями. Запропоновані в роботі математичні моделі можуть бути використані в подальшому для комплексного вирішення проблем організації перевезень та вдосконалення технологій АП.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Хмельов І. В. Методика маркетингового аналізу параметрів автопоїздів для міжнародних вантажних перевезень. *Проблеми транспорту : зб. наук. праць*. Київ, 2007. № 4. С. 20 – 22.
- [2] Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. Київ : Вища школа, 1986. 447с.
- [3] Хмельов І. В. Підвищення енергоресурсної ефективності вантажних міжнародних автомобільних перевезень: дис. ... кандидата техн. наук : 05.22.01. Київ : НТУ, 2009. 190 с.
- [4] Хабутдінов Р. А. Концептуальна характеристика транспортної системи та її інтегративної властивості. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2006. № 3. С. 153 – 157.
- [5] Хабутдінов Р. А., Коцюк О. Я. Енергоресурсна ефективність автомобіля. Київ : УТУ, 1997. 137 с.
- [6] Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей : навчальний посібник / В. В. Біліченко, О. Л. Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов. Вінниця : ВНТУ, 2017. 163 с.
- [7] Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. Київ : Либідь, 2006. 400 с.
- [8] Економіка міжнародних транспортних перевезень / М. І. Данько та ін. Харків : Олант, 2004. 352 с.
- [9] Воркут Т. А. Проектний аналіз. Київ : Український центр духовної культури, 2000. 440 с.
- [10] Пелихов Е. Ф. Экономическая эффективность инноваций. Харків : НУА, 2005. 171 с.
- [11] Хмельов І. В. Методика аналізу придатності автопоїздів до енергозберігаючих технологій міжнародних вантажних перевезень. *Вісник Національного транспортного університету*. 2006. Вип. 13, ч. 2. С. 216 – 219.
- [12] Хмельов І. В., Гальона І. І., Даниленко І. В. Метод аналізу енергетичної ефективності транспортних операцій. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. *Наук. журнал*. Київ : НТУ, 2023. Вип. 1 (55). С. 287 – 294.

- [13] Хмельов І. В. Методика проектного аналізу оновлення рухомого складу за енергетичним критерієм. *Збірник доповідей 9 міжнародної науково-практичної конференції «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики»*. – Київ : Автоекспо. 2007. С. 201 – 204.
- [14] Хмельов І. В. Метод техніко-технологічного аналізу автомобілів з урахуванням еволюції їх конструктивних параметрів. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні : Науковий журнал*. – Запоріжжя : Національний університет «Запорізька політехніка», 2021. Вип. 2. С. 81 – 85.
- [15] Хмельов І. В. Аналіз транспортно-технологічної якості автобусів. *Актуальні напрями розвитку технічного та виробничого потенціалу національної економіки : монографія / за ред. В. О. Пінчук, Г. С. Прокудіна*. Дніпро : Пороги, 2021. С. 277 – 282.