

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ШВИДКОДІЙ СИСТЕМ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Ломотько Д.В., доктор технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна, den@kart.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7624-2925

Красноштан О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, olexander.krasnoshtan@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9866-9930

INNOVATIVE APPROACH TO INCREASE OF OPERATIONAL SPEED AND PRODUCTIVITY

Lomotko D.V., Doctor of Science (Engineering), Kharkiv state university of railway transport, Kharkiv, Ukraine, den@kart.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7624-2925

Krasnoshtan O.M., Candidate of Science (Engineering), National transport university, Kyiv, Ukraine, olexander.krasnoshtan@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9866-9930

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Ломотько Д.В., доктор технических наук, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, Украина, den@kart.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7624-2925

Красноштан А.М., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, olexander.krasnoshtan@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9866-9930

Постановка проблеми.

Останнім часом у транспортній галузі України сталося ряд змін, які потягнули за собою виникнення системних проблем. Зазначені зміни та наслідкові проблеми сталися фактично в усіх галузях транспорту. Однак, найбільш відчутними вони виявились на автомобільному та на залізничному видах транспорту. Це пов'язано із їх масовістю та загальнодоступністю. Відповідно, системні збої в їх роботі відчуває на собі фактично кожен громадянин та кожен активний учасник економічного процесу в державі.

Стосовно залізничного транспорту – головною системною проблемою галузі на сьогодні є так звана «проблема надлишкової інфраструктури». Полягає вона в тому, що при фактичній незмінності ступеня розвитку інфраструктури в порівнянні з початком 90-х років минулого сторіччя, обсяги перевезень суттєво скоротились. Так, якщо залізничним транспортом України в 1989 році було перевезено 1,07 млрд. тонн вантажів, то в 2020 році – 305 млн тонн, тобто більш ніж втричі менше. Відповідно, втричі скоротились як вантажооборот, так і вантажонапруженість інфраструктури. При цьому надлишкова інфраструктура вимагає витрат на її утримання. У випадку із залізничним транспортом України справедливим є принцип Паретто [1]: 20% інфраструктури забезпечують 80% обсягів вантажних перевезень. Збиткова інфраструктура української залізниці наразі становить 45,7% ділянок і сукупно виконує лише 2,1% тоннокілометрової роботи [2].

Стосовно автомобільного транспорту з точки зору перевезень вантажів – проблема в іншому: автоперевізники працюють на висококонкурентному ринку, що змушує їх вдаватися до заходів щодо підвищення фінансової ефективності перевезень, які дозволять їх залишитись в зоні рентабельності. Одним із шляхів розв'язання цієї проблеми є перевезення із максимальним навантаженням автотранспортних засобів (АТЗ), що призводить до перевищення дозволеної в Україні величини максимальної маси ТЗ, а також навантаження на вісь. Так, при збільшенні загальної маси автомобіля від 38т. до 44 т. прогнозується збільшення швидкості утворення колії на 15% [3].

В той же час, масштабний та системний розвиток контрейлерних перевезень – один із ефективних методів одночасного вирішення системних проблемних питань обох згаданих видів транспорту. Тому такому розвитку необхідно приділити значну увагу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Вагомий вклад в напрямку вивчення проблематики розвитку контрейлерних перевезень здійснили видатні вчені Г.М. Кирпа, Н.А. Нефедов, Т.В. Харченко, Н.В. Пономарьова, Л.Н. Матюшин, Б.Н. Стрекалов, Ю.О. Сілантьєва. Доставку вантажів з використанням технологій контрейлерних

перевезень досліджували такі вчені як: Воевудський Е. М., Мироненко В.К., Воркут А.І., Нагорний Є. В., Постан М.Я., Правдін Н.В. та ін. [3-8].

Грунтовний технічний аналіз зарубіжного досвіду в організації котрейлерних перевезень та особливості технічного забезпечення відповідних перевезень виконано в роботі [9].

Необхідність забезпечення розвитку контрейлерних перевезень цілком підтримується Урядом України. Так, затвердженою Урядом Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року [10], серед пріоритетних завдань визначено забезпечення комплексного вирішення питань, зокрема підготовка та реалізація відповідної концепції або виконання програми (планів) розвитку мультимодальних перевезень та логістичних технологій, що передбачає, в тому числі і стимулювання розвитку контрейлерних перевезень.

Разом із тим, на сьогодні питання розвитку повністю не досліджене. Так, не знайдено єдиної думки щодо подальшого інженерно-технічного забезпечення контрейлерних перевезень, не винайдено ехнічних рішень, які б могли запропонувати вирішення системних проблем та протиріч, які наразі стоять на шляху до бурхливого та всеосяжного розвитку цих перевезень.

Основна частина.

Головними критеріями, які традиційно визначають якість та привабливість для користувачів будь-якої транспортної системи є:

- Швидкість (можливість вчасно доставити вантаж)
- Продуктивність (пропускна або перевізна здатність);
- Безпека (безпека руху та забезпечення збереженості вантажу);
- Безвідмовність (можливість виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу, як елемент надійності згідно ДСТУ 2860-94).

Поточні умови жорсткої конкуренції на транспортному ринку визначають п'яту категорію, яку умовно можна визначити як гнучкість (здатність автоматично адаптується до змін згідно ДСТУ 2226-93).

При цьому в загальному випадку ці показники знаходяться в певному протиріччі. Так, наприклад, при підвищенні гнучкості неодмінно (за інших рівних умов) безумовно знизяться як продуктивність, так і швидкість. Це саме стосується швидкості та безпеки: для підвищення швидкостей руху без зменшення допустимого рівня безпеки необхідним є застосування ряду прогресивних технічних рішень.

Принципово, контрейлерні перевезення мають всі підстави для бурхливого розвитку в умовах українського транспортного ринку. Головною перевагою їх повинна стати швидкість перевезень, яка забезпечить менші строки доставки вантажів порівняно із автомобільним транспортом.

Так, на сьогодні Правила технічної експлуатації залізниць України [11] передбачають курсування вантажних поїздів зі швидкістю до 90 км/год.. Навіть існуючі швидкості руху вантажних поїздів дозволяють 600...800 км на добу. При збільшенні ж швидкостей руху контрейлерних поїздів до 120 км/год., можливо працювати на досягнення 1200 км на добу за основними магістральними напрямками. Однак для цього необхідно вирішити ряд питань технічного і нормативного характеру. Більш того, досягнення швидкості руху контрейлерних поїздів 120 км/год і більше (в перспективі – до 140 км/год) власник інфраструктури повинен привести споруди і пристрої на ділянках проходження таких поїздів у відповідність з діючими нормами і правилами. Але це дозволить курсувати контрейлерним поїздам паралельним графіком із пасажирськими поїздами, що значно підвищить резерви пропускної здатності системи.

Для забезпечення подальшого сталого розвитку системи контрейлерних перевезень в Україні необхідно знайти відповідні найкращі рішення для вирішення основних проблемних питань, які сьогодні стоять на шляху масштабного їх розвитку. Серед них наступні:

Регулярність. Для того, щоб послуги контрейлерних перевезень користувались попитом, необхідно забезпечити їх регулярність. Всі попередні спроби розвитку контрейлерних перевезень зазнали невдачі в основному через відсутність регулярності. Так, практикувалась регулярність курсування контрейлерного поїзда – щотижнево. Така регулярність жодним чином не може забезпечити потреби клієнтів – автоперевізників та вантажовласників, які планують свої поставки на щоденній основі. Тож для забезпечення успіху контрейлерних перевезень необхідно забезпечити принаймні щоденне курсування таких поїздів, а за основними напрямками – декілька разів на добу.

Гнучкість. Другим проблемним питанням є гнучкість, яка полягає в можливості проведення швидкого обміну вантажем на шляху прямування контрейлерного поїзда. Так, спроби організації контрейлерних перевезень організовувались за принципом «point-to-point», тобто навантаження та розвантаження було можливим лише на початковій та кінцевій точках маршруту. Відповідно, це

суттєво обмежувало регулярність, оскільки вимагало накопичення достатньої кількості автомобілів для відправлення, що не завжди було можливим.

З аналогічними проблемами зіткнулись оператори в європейських країнах. Це змусило їх шукати способи технічного вирішення проблеми для організації обміну вантажем на проміжних станціях маршруту. І такі рішення були знайдені [9]:

- RoLa (Rollende Lanrstrasse) на залізничних платформах зі зниженою підлогою та горизонтальним методом навантаження-розвантаження
- Ro-Ro (roll-on-roll-off),
- Flexiwaggon (Швеція),
- CargoBeamer (Німеччина),
- CargoSpeed (Велика Британія),
- Modalohr (Франція) автоматизоване, паралельне, швидке перевантаження товарів, режим не супроводжувальних перевезень,
- MegaSwing (Швеція).

Однак, всі ці системи, які працюють в країнах Європейського Союзу, мають ряд недоліків, які обмежують практичне їх застосування в Україні, а саме:

- Високий ступінь механізації причіпного рухомого складу, що висуває ряд вимог до інфраструктури, персоналу, його кваліфікації тощо, ефективно вирішення яких вряд чи можливе в сучасних умовах;
- Використання підйомно-транспортного обладнання – кранів, що також відносно складно в наших умовах.

У зв'язку із цим, в загальному перед нами стоїть завдання створення інноваційної транспортної системи для контрейлерних перевезень з досягненням граничних характеристик. В той же час, гранично ефективні значення характеристик транспортної системи можуть бути отримані при постановці і рішенні дедуктивним методом завдання спрямованого синтезу, як завдання комплексної структурно-параметричної оптимізації.

Для синтезу комплексно оптимальної транспортної системи необхідно дотриматись наступних положень:

- а) забезпечити можливість визначення повної (тобто всієї, а не обмеженої частини) області можливих рішень як по структурам, так і за параметрами в межах надсистеми, системи і підсистеми;
- б) розглянути систему в розвитку в межах усіх (а не одного) етапів її життєвого і більш високих циклів, тобто, врахувати минуле, сьогодення і майбутнє системи;
- в) застосувати моделі і алгоритми достатньої загальності, щоб охопити всю область структурних і параметричних рішень з основних, допоміжних і управлінських видів функцій і з неї вибрати одне найвдаліше, в заданому сенсі рішення.

У найбільш загальному вигляді, виходячи з існуючих робіт в області системного синтезу технологічних процесів [12-14], можна встановити основні принципи розв'язання задачі комплексної структурно-параметричної оптимізації транспортних систем та вимоги щодо їх здійснення, таблиця 1.

Множина можливих способів (їх класів) підвищення продуктивності транспортних систем можна уявити так, як показано в таблиці 2.

Заходи, які найбільш часто застосовуються для реалізації кожного з наведених у таблиці 2 способів, показані в таблиці 3. При цьому позначення класів способів в таблицях 2 і 3 збігаються.

Заходи розроблені на основі загальних підходів теорії машин і механізмів [15] і досвіду вирішення завдань автоматизації [16, 17] з урахуванням основних особливостей сучасних технологій транспортного процесу.

Запропоновані методи і заходи підвищення швидкодії та ефективності дозволяють відповідно до методології провести конкретизацію структур інноваційної транспортної системи для контрейлерних перевезень.

Одним із головних заходів, що застосовуються для реалізації способів підвищення продуктивності транспортних систем, є перехід від дискретних до неперервних (або квазінеперервних) процесів. Існуючі спроби організації контрейлерних перевезень мали суто дискретний характер. Так, навантаження-вивантаження можливі лише на початковій та кінцевій точках маршруту відповідно. Вантажообмін на маршруті прямування практично неможливий.

Така ж ситуація складається і з регулярністю. Попередні спроби робили систему виражено дискретною – це було визначено неналежною регулярністю курсування контрейлерних поїздів.

Таблиця 1 – Основні принципи розв'язання задачі комплексної структурно-параметричної оптимізації транспортних систем і вимоги щодо їх здійснення

Table 1 – Basic principles of transport systems complex structure and parametric optimization tasks solving

| № п/п | Найменування принципів | Вимоги по здійсненню принципів |
|-------|---|--|
| 1 | Принцип системності | Необхідне урахування трьох ієрархічних рівнів: надсистемного, системного і підсистемного. Можливість зміни характеристик процесів, їх підсистем – технологічних операцій, параметри надсистеми (потреб ринку, макроекономічного середовища, регуляторної політики та інших). Орієнтування на стратегію розширеного відтворення з вищою ефективністю. |
| 2. | Принцип алгоритмічності | Через відсутність аналітичного рішення необхідна поетапність отримання конкретизованого рішення дедуктивним методом, починаючи з найбільш загального, заданого визначенням системи або галузевими рекомендаціями. |
| 3. | Принцип інформаційного підпорядкування етапів синтезу | На кожному попередньому етапі слід готувати інформацію достатню для вирішення наступного етапу. |
| 4. | Принцип адаптивного прийняття проектних рішень | Наказує використовувати градієнтні методи пошуку оптимальних параметрів процесу (системи) для кожної його структурної схеми з метою поліпшення показників ефективності на кожному етапі (ітерації) пошуку. |
| 5. | Принцип максимального врахування повноти області (множин) можливих рішень | Вимагає формувати повну область можливих рішень по структурам і параметрам. Це забезпечує вихід в область глобального (не локального) оптимуму. |
| 6. | Принцип поточності | Необхідна максимальна безперервність процесів. Це забезпечує можливість досягнення більш високої продуктивності. |
| 7. | Принцип відповідності дій підсистем завданням системи | Вимагає ієрархічної підпорядкованості дій систем і підсистем. |
| 8. | Принцип інформаційного забезпечення | Він обумовлює потребу в системному забезпеченні інформацією, в тому числі – про світові пороги знань. |
| 9. | Принцип адекватного кадрового забезпечення | Вимагає своєчасної та якісної підготовки кадрів. |

Таблиця 2 – Множина способів підвищення продуктивності (швидкодії) складних систем

Table 2 – Variety of modes of complex systems productivity increase

| Приєм | Об'єкт | Спосіб |
|------------|---------------------|--|
| Виключення | Простої | Виключення простоїв |
| | Допоміжніні функції | Виключення допоміжних функцій |
| Зменшення | Простої | Зменшення простоїв |
| | Допоміжніні функції | Скорочення тривалості допоміжних функцій (інтенсифікація допоміжних функцій і зменшення їх обсягу) |
| | Основні функції | Скорочення тривалості основних функцій (інтенсифікація основних функцій і зменшення їх обсягу) |
| Поєднання | Простої | Поєднання простоїв |
| | Допоміжніні функції | Поєднання допоміжних функцій |
| | Основні функції | Поєднання основних функцій |

Таблиця 3 – Заходи, які найбільш часто застосовуються для реалізації способів підвищення продуктивності транспортних систем

Table 3 – Measures, often used for realization of transport systems productivity increase modes

| Кл.способу | Заходи |
|------------|--|
| 1 | Перехід до безперервних (квазібезперервних) процесів. |
| 2 | Застосування нових технологій, які не вимагають допоміжних дій чи самоорганізують ці дії. |
| 3 | Підвищення надійності техніки. Зменшення простоїв, пов'язаних з організаційно-технічними та іншими факторами. |
| 4.1. | Підвищення швидкодії виконавчих органів агрегатів і вузлів, що реалізують допоміжні дії. Оптимізація електричних, геометричних, кінематичних, динамічних і міцнісних властивостей техніки. Адаптація режимів виконання допоміжних функцій. |
| 4.2 | Мінімізація обсягів допоміжних дій, зменшення тривалості неробочих рухів (дій, ходів). Зменшення кривизни траєкторій виконавчих механізмів, агрегатів і вузлів, що реалізують допоміжні дії. |
| 5.1 | Підвищення швидкодії виконавчих органів (механізмів, агрегатів і вузлів), що реалізують основні дії. Оптимізація електричних, геометричних, кінематичних, динамічних і міцнісних властивостей техніки. Адаптація режимів виконання основних функцій. |
| 5.2 | Вибір робочих траєкторій з мінімальною кривизною для робочих органів техніки. Застосування робочих траєкторій мінімальної довжини для об'єктів, які виконують основні функції |
| 6 | Оптимізація циклів роботи техніки |
| 7 | Максимальна паралельна реалізація допоміжних функцій |
| 8 | Підвищення рівня концентрації дії робочих органів машини на об'єкт, що перетворюється |

Низька регулярність призводить й ще до однієї проблеми – хвилеподібного відвантаження та приймання вантажів. Це створює передумови до очікування в пунктах навантаження/вивантаження, що знижує в цілому провізну здатність системи в цілому.

Таким чином, підвищення частоти курсування конреїлерних поїздів і забезпечення можливості вантажообміну на проміжних станціях є фактичним переходом від дискретності до квазібезперервності, що зробить систему більш привабливою для клієнтів та значно підвищить її ефективність, продуктивність та швидкодію.

У випадку організації вантажообміну на проміжних станціях при традиційній моделі перевезень, це тягнуче за собою значні втрати часу у зв'язку із великим обсягом маневрових робіт. Вирішення цієї задачі слід здійснювати шляхом реалізації заходу застосування нових технологій, які не вимагають допоміжних дій чи самоорганізують ці дії.

При конкретизації структури стає зрозумілим, що найбільші втрати часу та ресурсів на вантажообмін конреїлерного поїзда виникають за рахунок необхідності виконання значної кількості маневрової роботи. Тож, оптимальним шляхом є вирішення задачі забезпечення вантажообміну для конроеїлерних поїздів на проміжних станціях без здійснення маневрової роботи на цій станції здійснення вантажообміну.

За кордоном такий підхід вже реалізовано та успішно діє [9]. Однак, як було зауважено вище, ці підходи є неприйнятними для України з огляду на їх вартість, складність, надійність, а також вимоги щодо персоналу, обслуговування тощо. Слід зазначити, що в згаданих аналогах реалізовано застосування основних змін конструкції рухомого складу. При тому інфраструктура та стаціонарні об'єкти залишилися фактично без змін.

У випадку ж транспортної системи України удосконалення та ускладнення конструкції доцільно здійснювати саме для об'єктів інфраструктури та стаціонарних об'єктів. Такий підхід дозволить більш досконало забезпечити їх експлуатацію, ремонт та обслуговування. Більше того, такий підхід дозволить уникнути ускладнення конструкції рухомого складу, а відповідно – уникнути зростання його вартості, витрат на експлуатацію та ремонт, й окрім того – зниження надійності

залізничного рухомого складу, що важливо особливо з огляду на тенденцію підвищення швидкостей руху.

Таким чином, задача зводиться до розробки конструкції пристроїв для забезпечення вантажообміну на проміжних станціях. При цьому до конструкції висуваються наступні вимоги:

1. Виконання вантажообміну контрейлерних поїздів без виконання маневрів залізничного рухомого складу;
2. Максимальна швидкодія;
3. Забезпечення процесу вантажообміну для залізничного та автомобільного рухомого складу будь-якої конструкції (які допущені до перевезення);
4. Паралельне виконання операцій розвантаження та завантаження залізничного рухомого складу;
5. Максимально можлива механізація та автоматизація процесу

Беручи до уваги неможливість виконання маневрів автотранспортним засобом на платформі, яка перебуває в складі поїзда, у зв'язку із обмеженістю простору, єдиним можливим варіантом проведення завантаження і розвантаження платформи є переведення платформи із транспортного положення в навантажувально-розвантажувальне положення.

Можливим варіантом вирішення цієї задачі є поворот вагону під кутом до напрямку колії з одночасним опусканням платформи на рівень підїзної дороги з метою безперешкодного зїзду з платформи та заїзду на платформу автотранспортного засобу.

Прототипом конструкції пристрою є поворотний круг, який широко використовується на залізничному транспорті, рисунок 1.

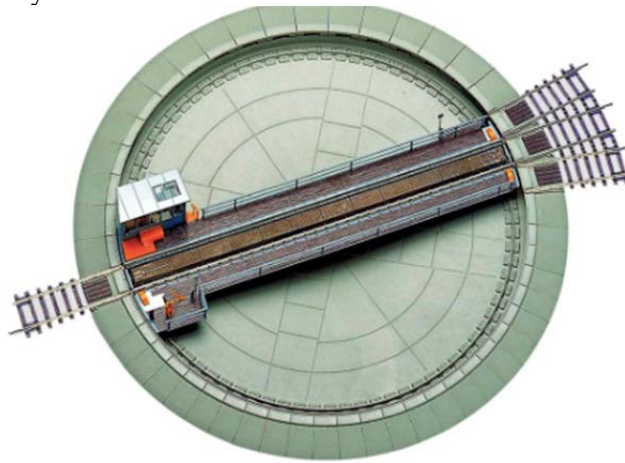


Рисунок 1 – Залізничний поворотний круг
Figure 1 – Railway turning circle

Для забезпечення переведення платформи з транспортного положення в положення для навантаження/розвантаження, необхідно виконати дві дії:

1. Поворот для суміщення осі платформи з віссю підїзної дороги;
2. Опускання залізничного рухомого складу для суміщення рівнів платформи і підїзної дороги.

Механізм являє собою сталеву ферму з встановленим залізничною колією по верху конструкції, яка може повертатися в горизонтальній площині до 45° навколо центральної опори.

Вертикальна вісь має шкворневу конструкцію, що дозволяє переміщуватись сталевій фермі у вертикальному напрямку та обертатись навколо осі (коливання з амплітудою до 45°). При цьому шкворневий вузол не несе вертикального навантаження.

Сталева ферма спирається на дві ходові шарнірно прикріплені до балок візка – ведучий і ведений. Ведений візок має два суцільно катані колеса з двостороннім гребнем (рисунок 2).

Ведучий візок має опорні зубчасті колеса і спирається на зубчасту рейку, що забезпечує обертання конструкції.

Приводний механізм – це встановлена на раму конструкція, в якій об'єднані: приводний електродвигун, колодкові гальма з електрогідравлічним штовхачем, гальмівна муфта, двоступеневий редуктор, проміжний вал в зборі з опорами, шестернею, муфтою, зубчастий вінець. Проміжний вал з шестернею в зачепленні з зубчастим вінцем є елементами відкритої передачі, що приводить в рух конструкцію.

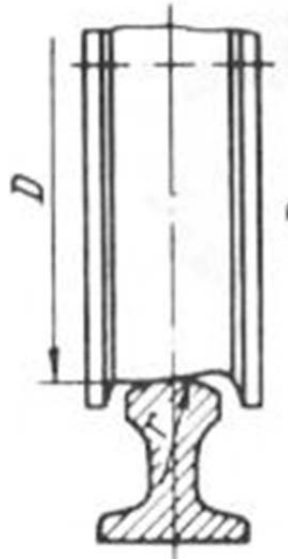


Рисунок 2 – Контакт «колесо-рейка» веденого візка
Figure 2 – Contact “wheel-rail” of driven bogie

Крутний момент передається від двигуна через редуктор і шестерню до зубчастого опорного колеса, яке реалізує його через зачеплення із зубчастою рейкою.

Конструкція забезпечується пристроєм автоматичного блокування у крайніх робочих положеннях, що унеможливує приведення в рух ферми під час проведення маневрів залізничного рухомого складу, а також під час заїзду автотранспортних засобів на залізничну платформу та з'їзду з неї.

Потужність електродвигуна та передаточних чисел редуктора визначаються виходячи з вимог швидкодії. Так, перехід ферми між двома крайніми положеннями повинен здійснюватись не більше, ніж за 30 секунд.

З метою мінімізації динамічних навантажень на привід на перехідних режимах, форма опорних рейок повинна мати синусоїдальний профіль, що забезпечить мінімальну вертикальну швидкість на початковому та кінцевому етапах робочого ходу ферми.

Вісь автомобільного під'їзду та вісь залізничної колії повинні утворювати кут 45° , що забезпечить зручну технологію підїзду автотранспортних засобів під навантаження та вивантаження. При цьому зменшиться потреба у території для організації терміналу (рисунок 3).

Одним із способів підвищення швидкодії (таблиця 1) є виключення функцій (операцій). Однією із операцій, яку можна та необхідно виключити – це функція відчеплення поїзного локомотива. Дана операція займає до 20 хвилин, що значно уповільнює маршрутну швидкість поїзда. При наявності на маршруті 5 станцій, реалізація цієї функції сумарно займатиме 100 хв, або до 10% від загального часу руху від початкової до кінцевої точок маршруту.

Працює такий пристрій за допомогою системи лебідок, які переміщують вагони в двох або більше напрямках. Маневровий пристрій працює виключно в середовищі, захищеної від пилу, а також від вибухонебезпечних газів, при температурі до $+35$ градусів. Популярною і надійною моделлю вважається маневровий пристрій (кабестан) МУ12М2. Перевага обладнання в тому, що воно має найбільше в своєму роді тягове зусилля, а також найвищу лінійну швидкість каната.

Додатково необхідно забезпечити автономність роботи системи вантажообміну контрейлерних поїздів без залучення маневрових локомотивів. Це забезпечується використанням маневрового пристрою. Маневровий пристрій – це механізм, який за допомогою тяги переміщує залізничні вагони і цілі склади в декількох напрямках.

Запропонований підхід дозволяє забезпечити швидкий обмін вантажем контрейлерних поїздів, що значно розширює можливості їх застосування без зменшення головних параметрів їх використання, а саме:

- Маршрутна швидкість;
- Тривалість доставки;
- Пропускна здатність.

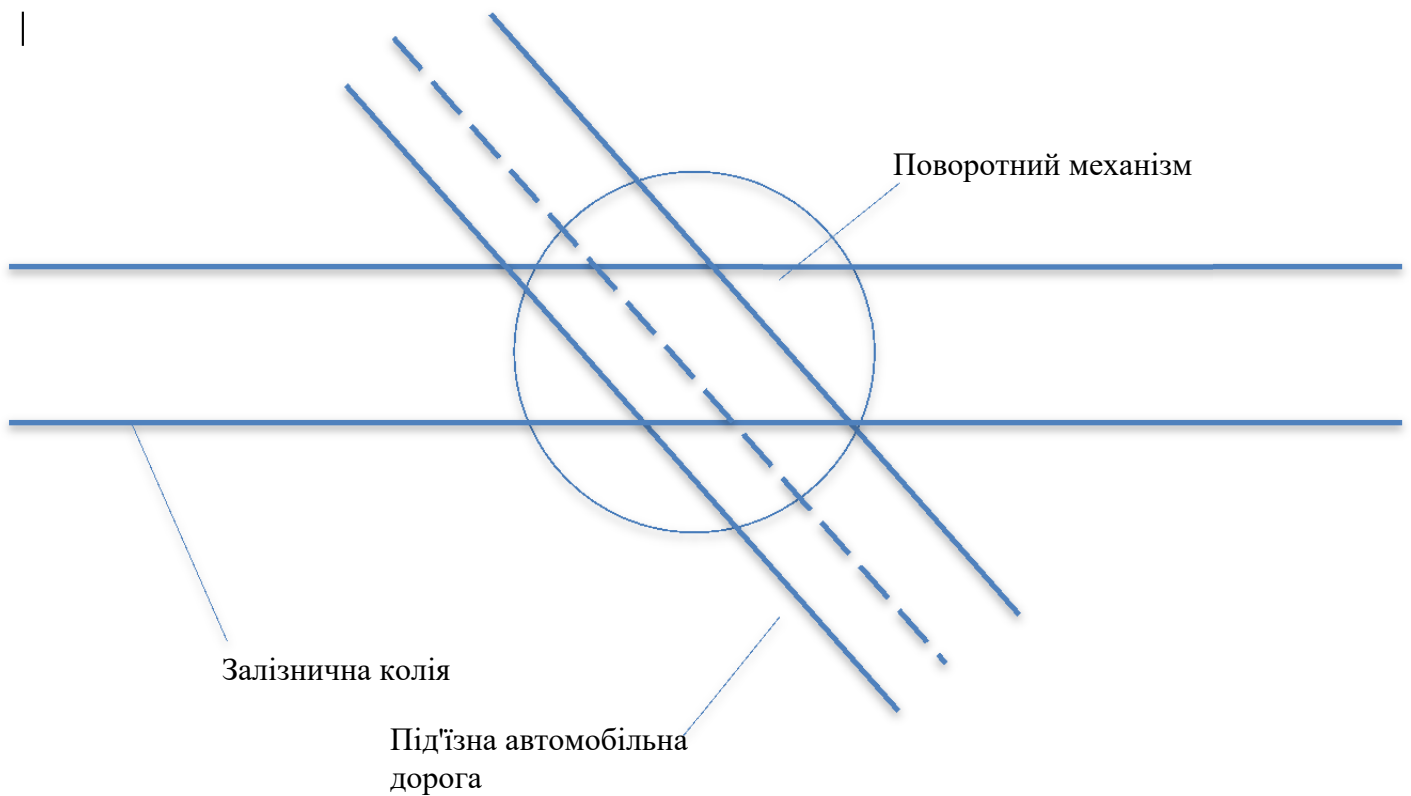


Рисунок 3 – Принципова схема організації вантажообміну контрейлерних поїздів
 Figure 3 – Principal scheme of cargo exchanges of piggyback train

У традиційному вигляді математичні моделі функціонування системи контрейлерних терміналів сформульовано як оптимізаційну задачу контрейлерних перевезень від вантажовідправників кількістю W до вантажоотримувачів кількістю P за критерієм мінімуму витрат у системі доставки

$$\Omega = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^{U+P} \sum_{k=1}^R S_{ijk} N_{ijk} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^{U+P} \sum_{k=1}^R N_{ijk} \leq Q_{ik}, \forall i \in [1, W] \\ \sum_{i=1}^W \sum_{k=1}^R N_{ijk} \leq Q_{jk}, \forall j \in [1, P] \\ \sum_{i=1}^W \sum_{k=1}^R N_{ijk} \leq \sum_{l=1}^U \sum_{k=1}^R M_{ijk}, \forall j \in [1, P] \end{array} \right., \quad (2)$$

де S_{ijk} – витрати на перевезення одного контрейлерного АТЗ k -го типу від вантажовідправника з пункту i до вантажоотримувача в пункт j ;

N_{ijk} – кількість контрейлерного АТЗ типу R , що доставляються з i -го пункту в j -й;

U – кількість терміналів, на яких виконується вантажообмін контрейлерів ($U=0$ у випадку наявності «прямих» контрейлерних поїздів);

Q_{ik}, Q_{jk} – відповідно сумарна наявність навантажених контрейлерів у i -го вантажовідправника та потреба в вантажах у j -го вантажоотримувача;

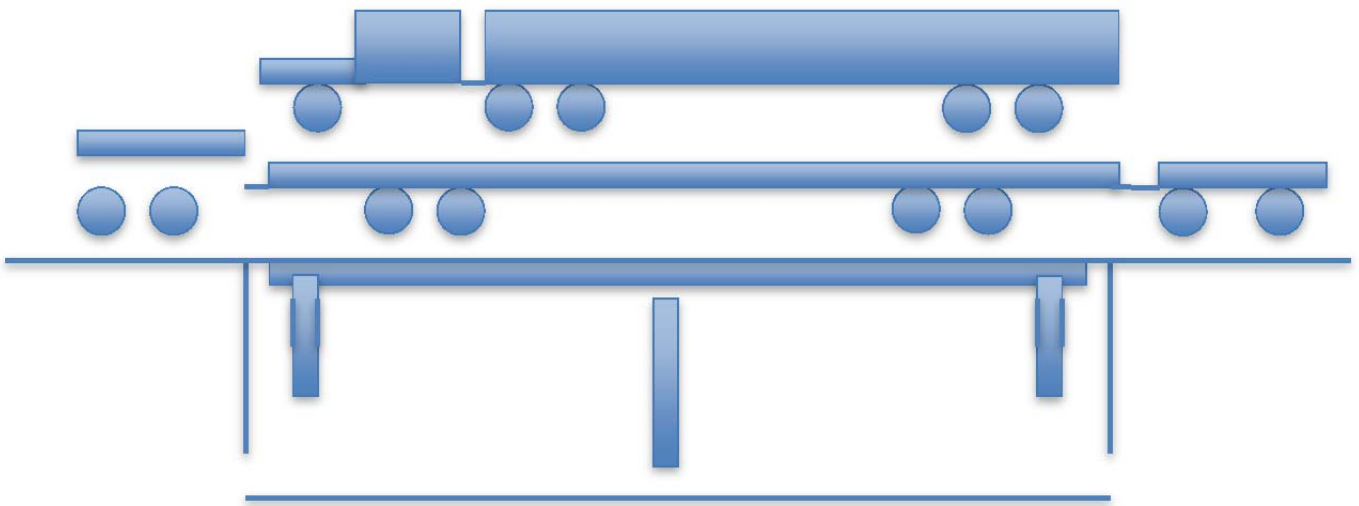
M_{ijk} – максимальна кількість (переробна, пропускна спроможність) терміналів на яких виконується вантажообмін контрейлерів.

Обмеження (2) відповідно показують наявність навантажених контрейлерів у вантажовідправника, потребу в вантажах у вантажоотримувача та описують пропускну спроможність контрейлерного терміналу. В якості уточнення обмеженнями на контрейлерні вантажопотоки може бути переробна спроможність терміналів, пропускну спроможність автошляхів, залізничних дільниць, перевалочних комплексів в морських портах та на пунктах перетину кордонів.

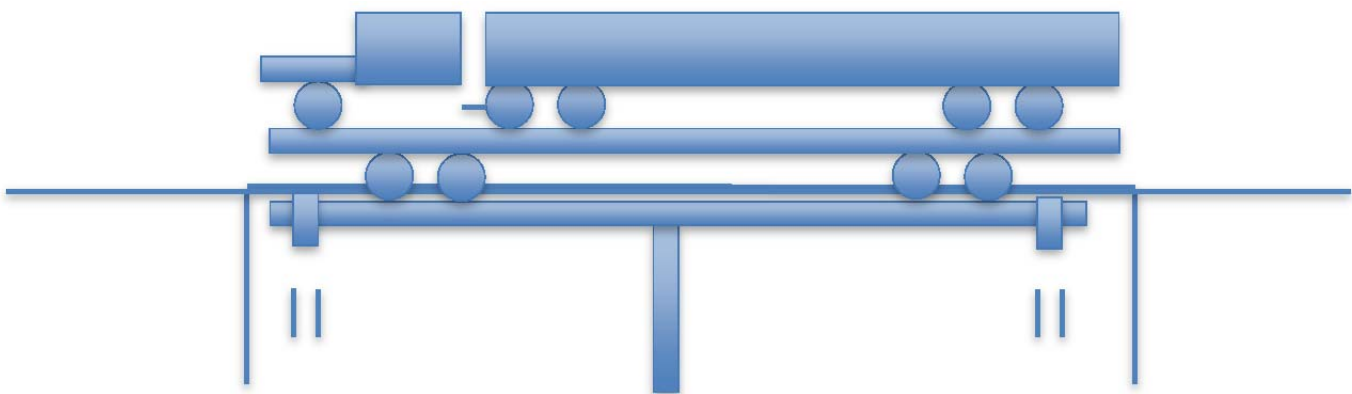
Операції з обміну вантажу здійснюються послідовно. При цьому ряд технологічних операцій повинні виконуватись паралельно. Для прикладу, під час здійснення операції з вантажообміну на одному вагоні, на вагоні, який було обслужено перед цим, відбувається з'єднання гальмівних рукавів, а на наступному вагоні – операції з підготовки до проведення вантажообміну. Такий підхід відповідає сьомому заходу із підвищення продуктивності та швидкодії складних систем.

Разом із тим, при такому послідовному підході на станціях з потенційно великим вантажообігом час на обробку контрейлерних поїздів буде суттєво великим, що значно сповільнить маршрутну швидкість. Це вимагає пошуку рішень, які б дозволили збільшити швидкість виконання операцій для недопущення значного збільшення маршрутних швидкостей контрейлерних поїздів.

Одним із таких рішень може бути паралельна обробка одночасно декількох вагонів контрейлерного поїзда. Для реалізації цього необхідно забезпечити паралельне функціонування двох і більше поворотних ферм (рисунок 4).



а)



б)

Рисунок 4 – Пристрій для організації вантажообміну контрейлерних поїздів:

а – в транспортному положенні ; б – в положенні вантажообміну

Figure 4 – device for cargo exchange of piggyback train: а – transport position, б – cargo exchange position

З точки зору функціонування терміналу важливо забезпечити належний рівень механізації, автоматизації та інтелектуалізації.

Всі процеси повинні бути механізованими. Важливі функції, зокрема ті, що забезпечують безпеку руху, повинні бути автоматизовані. Зокрема, необхідно забезпечити автоматичне блокування переміщення ферми у двох крайніх положеннях (транспортне положення та положення вантажообміну) для недопущення сходів залізничного рухомого складу та повороту ферми під автомобільним рухомим складом.

Використання паралельної обробки вантажу одночасно на декількох платформах вимагає інформатизації процесу, оскільки використання лише людської праці в цьому процесі призведе до втрати продуктивності та швидкодії, а також призведе до збільшення ймовірності допущення помилок, і як результат зниження надійності системи.

Інтелектуальна система управління терміналом повинна складатись з декількох підсистем, а саме:

- Підсистема управління рухом залізничного рухомого складу;
- Підсистема управління рухом автомобільного рухомого складу;
- Підсистема управління механізмом забезпечення вантажообміну.

Всі зазначені підсистеми чітко синхронізовані та працюють як єдиний цілісний інформаційний простір із відповідними зв'язками із зовнішнім середовищем.

Запропонована на рисунку 5 принципова схема збільшення пропускної здатності терміналу для вантажообміну контрейлерних поїздів повинна реалізовуватись на станціях великих міст, а також потужних вантажоутворюючих пунктів. Він дозволить ефективно здійснювати вантажообіг у великих обсягах та не допускати втрати часу і яка наслідок – зменшення маршрутної швидкості контрейлерних поїздів.

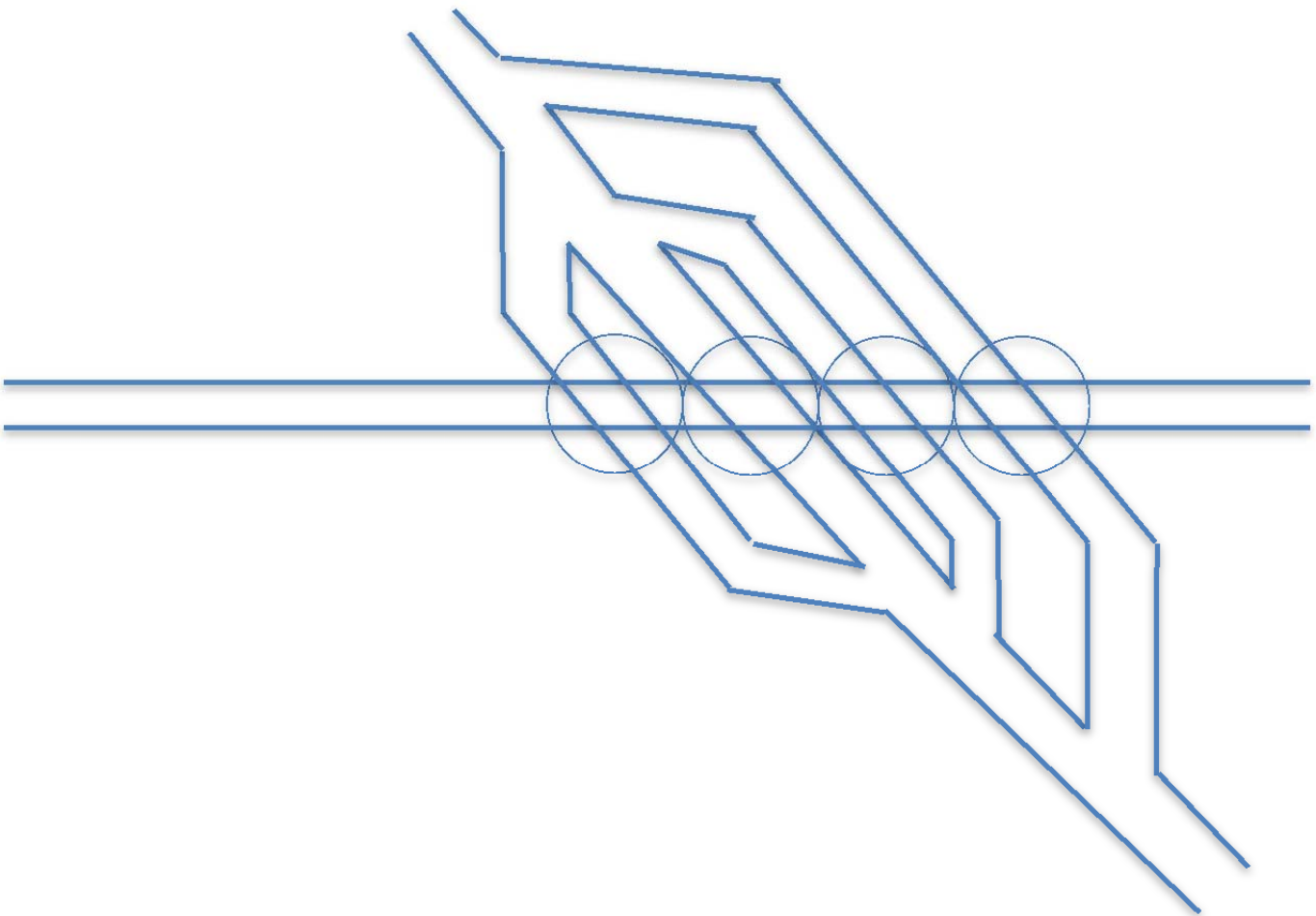


Рисунок 5 – Принципова схема збільшення пропускної здатності терміналу для вантажообміну контрейлерних поїздів
Figure 5 – Schematic diagram of increasing bandwidth terminal for freight exchange of trailed trains

Висновок.

Пошук способів підвищення ефективності транспортних систем є актуальним завданням, спрямованим на підвищення добробуту суспільства та задоволення потреб економіки у перевезеннях. Одним з реальних і універсальних способів його вирішення є застосування комплексно оптимізованих контрейлерних перевезень.

Контрейлерні перевезення мають значні перспективи розвитку в Україні за умови вирішення ряду технічних та технологічних проблем. Вирішення зазначених проблем повинно бути спрямоване на досягнення більшої операційної гнучкості та адаптивності до потреб клієнтів – вантажовласників, вантажовласників та автоперевізників при дотриманні умов збереження та підвищення перевізної здатності (продуктивності) та швидкісних характеристик (маршрутної швидкості, швидкодії).

Застосування технологічних рішень, що використовуються в країнах Європейського Союзу не є можливим з огляду на технічні особливості транспортної системи України та особливості організації експлуатаційної роботи.

Найбільш ефективним підходом до вирішення зазначених проблем є використання методології спрямованого синтезу складних систем. Особливістю цієї методології є те, що вона дозволяє вийти наперед задані параметри складної системи.

Синтезована структура терміналу для забезпечення високоєфективного швидкого вантажообміну при організації контрейлерних перевезень дозволяє здійснювати вантажообмін контрейлерних поїздів на проміжних станціях їх маршруту за мінімальний час без суттєвого зниження маршрутної швидкості та перевізної здатності системи.

Застосування синтезованої технології дозволить розширити можливості для розвитку системи контрейлерних поїздів, що своєю чергою дозволить значно підвищити рівень транспортної системи загалом за всіма основними параметрами: швидкість та продуктивність, безпечність, екологічність, економічна ефективність тощо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кім, О. О. Принцип Парето в розподілі доходів. / О.О. Кім //Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії / ред. О. В. Коваленко. – Запоріжжя, 2017. – Вип. 6 (12). – С.11 – 15
2. Рязанцев А.В. УЗ витрачає на утримання інфраструктури в 15 разів більше, ніж заробляє на ній [Віртуальний ресурс] // Економічна правда. – 2019. – 15 травня. – 8 стор. – Режим доступу : URL : <https://www.epravda.com.ua/news/2019/05/15/647787/> – Назва з екрану. – Дата доступу: 09 січня 2021.
3. Ковальчик Я.П., Супрун А.С. Воздействие тяжелого груженого грузового движения на дорожные одежды сельскохозяйственных дорог. // Автомобильные дороги. – 1982г – №12. – С.15-16.
4. Нефедов Н.А., Харченко Т.В., Пономарева Н.В. Применение контрейлерных поездов при международных перевозках грузов // Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – Вып. 21. – С.90-92
5. Сілантьєва Ю. О. Підвищення ефективності контрейлерних перевезень: Дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / Національний транспортний ун-т. — К., 2003. — 130арк. — Бібліогр.: арк. 112-121
6. Ширяєва С. В. Аналіз закордонного досвіду організації автомобільно-залізничних перевезень вантажів / С. В. Ширяєва, Т. І. Конрад // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія . – 2012. – Вип. 10. – С. 292-297.
7. Кирпа Г.Н. Организация контрейлерных перевозок в Украине.-Днепропетровск: АртПресс, 1998.-132 с. 7. Матюшин Л.Н., Стрекалов Б.Н. Комбинированные перевозки – технология будущего // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. – №3. – С.28-32.
8. Кирпа Г.Н., Демин Ю.В. О возможных путях развития комбинированных перевозок грузов в Украине// Праці Західного наукового центру НАУ: Проектування, виробництво та експлуатація транспортних засобів і поїздів. – 1995, т. 2. – С. 64-66.
9. Зінько Р.В., Маковейчук О.М., Улященко В.Г. Графова інтерпретація задачі контрейлерних перевезень // НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць.–Львів : НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.4. – 300 с.
10. Литвин О.В. Порівняльна характеристика існуючих систем організації контрейлерних перевезень у світі / О.В. Литвин // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

11. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. №430-р «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>

12. Наказ Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. №411 «Про затвердження Правил технічної експлуатації залізниць України». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text>

13. Беловол А.В. Обеспечение производительности многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе синтеза структур технологических систем: дис. кандидата техн. наук : 05.02.08 / Беловол Анна Владимировна. – Х., 2011, – 194 с.

14. Тернюк Н.Э. Основы комплексной оптимизации технологических систем для производства зубчатых колес: дис. доктора техн. наук: 05.02.08 / Тернюк Николай Эммануилович. – Харьков, 1983. – 433 с.

15. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и дон. / И.П. Норенков. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 336 с

16. Артоболевский И.И. Теория машин и механизмов / Артоболевский И.И.- Москва: Наука, 1988. – 640 с.

17. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов / Г. А. Шаумян. – М.: Машиностроение, 1973. – 640 с.

18. Беловол А.В. Обеспечение производительности многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе синтеза структур технологических систем: дис. кандидата техн. наук : 05.02.08 / Беловол Анна Владимировна. – Х., 2011, – 194 с.

REFERENCES

1. Kim_ O. O. Princip Pareto v rozpodili dohodiv. / O. O. Kim //Ekonomichnii visnik Zaporizkoï derjavnoï inženernoï akademii / red. O. V. Kovalenko. _ Zaporijjya_ 2017. _ Vip. 6_12,. _ С.11 – 15.

2. Ryazancev A.V. UZ vitrachae na utrimannya infrastrukturi v 15 raziv bilshe_ nij zaroblyae na nii [Virtualnii resurs] // Ekonomichna pravda. _ 2019. _ 15 travnya. _ 8 stor. – Rejim dostupu _ URL _ <https://www.epravda.com.ua/news/2019/05/15/647787/> – Nazva z ekranu. – Data dostupu_ 09 sichnya 2021.

3. Kovalchik Ya.P._ Suprun A.S. Vozdeistvie tyajelogo grujennogo gruzovogo dvijeniya na dorojnie odejdi selskohozyaistvennih dorog. // Avtomobilnie dorogi. _ 1982g – №12. _ S.15_16.

4. Nefedov N.A._ Harchenko T.V._ Ponomareva N.V. Primenenie kontreilernih poezdov pri mejdunarodnih perevozkah gruziv // Сб. науч. трудов. – Harkov_ HNADU_ 2003. – Vip. 21. – S.90_92

5. Silanteva Yu. O. Pidvischennya efektyvnosti kontreilernih perevezen_ Dis. kand. tehn. nauk_ 05.22.01 / Nacionalnii transportnii un_t. — K._ 2003. — 130ark. — Bibliogr._ ark. 112_121

6. Shiryayeva S. V. Analiz zakordonnogo dosvidu organizacii avtomobilno_ zaliznichnih perevezen vantajiv / S. V. Shiryayeva_ T. I. Konrad // Upravlinnya proektami_ sistemnii analiz i logistika. Tehnichna seriya . _ 2012. _ Vip. 10. _ S. 292_297.

7. Kirpa G.N. Organizaciya kontreilernih perevozk v Ukraine._ Dnepropetrovsk_ ArtPress_ 1998. _132 s. 7. Matyushin L.N._ Strekalov B.N. Kombinirovannye perevozki – tehnologiya buduschego // Vestnik VNIIT. – 1998. – №3. – S.28_32.

8. Kirpa G.N._ Demin Yu.V. O vozmozhnih putyakh razvitiya kombinirovannih perevozk gruzov v Ukraine// Praci Zahidnogo naukovogo centru TAU_ Proektuvannya virobnictvo ta ekspluataciya transportnih zasobiv i poizdiv. – 1995_ t. 2. – S. 64_66.

9. Zinko R.V._ Makoveichuk O.M._ Ulyaschenko V.G. Grafova interpretaciya zadachi kontreilernih perevezen // NAUKOVII VISNIK NLTU Ukraïni _ Zbirnik naukovu_ tehnicnih prac.–Lviv _ NLTU Ukraïni. – 2007. – Vip. 17.4. – 300 s.

10.Litvin O.V. Porivnyalna charakteristika isnuyuchih sistem organizacii kontreilernih perevezen u sviti / O.V. Litvin // Visnik Nacionalnogo transportnogo universitetu. Seriya «Tehnicni nauki». Naukovu_ tehnicnii zbirnik. – K. _ NTU_ 2015. – Vip. 1_31,.

11.Rozporyadjennya Kabinetu Ministriv Ukraïni vid 30 travnya 2018 p. №430_r «Pro shvalennya Nacionalnoï transportnoï strategii Ukraïni na period do 2030 roku». – [Elektronnii resurs]. – Rejim dostupu_ https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430_2018_%D1%80#Text

12. Nakaz Ministerstva transportu Ukraini vid 20 grudnya 1996 p. №411 «Pro zatverdjenya Pravil tehnicnoi ekspluatatsii zaliznic Ukraini». – [Elektronni resurs]. – Rejim dostupu_ https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050_97#Text
13. Belovol A. V. Obespechenie proizvoditelnosti mnogonomenklaturnih mehanooobrativayuschih proizvodstv na osnove sinteza struktur tehnologicheskikh sistem_ dis. kandidata tehn. nauk _ 05.02.08 / Belovol Anna Vladimirovna. – H. _ 2011_ – 194 s.
14. Ternyuk N.E. Osnovi kompleksnoi optimizatsii tehnologicheskikh sistem dlya proizvodstva zubchatih koles_ dis. doktora tehn. nauk_ 05.02.08 / Ternyuk Nikolai Emmanuilovich. – Harkov_ 1983. – 433 s.
15. Norenkov I.P. Osnovi avtomatizirovannogo proektirovaniya_ Ucheb. dlya vuzov. 2_e izd._ pererab. i don. / I.P. Norenkov. M. _ Izd_ vo MGTU im. N.E. Baumana_ 2002. 336 s
16. Artobolevskii I.I. Teoriya mashin i mehanizmov /Artobolevskii I.I._ Moskva_ Nauka_ 1988. _ 640 s.
17. Shaumyan G.A. Kompleksnaya avtomatizatsiya proizvodstvennih processov / G. A. Shaumyan. – M. _ Mashinostroenie_ 1973. – 640 s.
18. Belovol A. V. Obespechenie proizvoditelnosti mnogonomenklaturnih mehanooobrativayuschih proizvodstv na osnove sinteza struktur tehnologicheskikh sistem_ dis. kandidata tehn. nauk _ 05.02.08 / Belovol Anna Vladimirovna. – H. _ 2011_ – 194 s.

РЕФЕРАТ

Ломотко Д.В. Інноваційні методи підвищення продуктивності та швидкодії систем контрейлерних перевезень / Д.В. Ломотко, О.М. Красноштан // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

В статті запропоновано підхід до удосконалення структури та параметрів комплексів для організації вантажообміну контрейлерних поїздів з використанням підходу комплексної оптимізації.

Об'єкт дослідження – процес контрейлерних перевезень, методи та підходи до підвищення його ефективності та швидкодії.

Мета роботи – визначення методів підвищення показників ефективності контрейлерних перевезень та їх гнучкості з метою адаптації до потреб клієнтів – вантажовласників та автоперевізників. Синтез методів підвищення гнучкості системи контрейлерних перевезень за умови збереження стабільно високих показників провізної здатності та швидкості доставки вантажів.

Метод дослідження – системний аналіз та комплексна структурно-параметрична оптимізація.

Організація контрейлерних перевезень є одним із елементів підвищення ефективності функціонування та збалансованості транспортної системи країни. З точки зору потреб клієнтів, система контрейлерних перевезень повинна бути гнучкою, водночас забезпечувати умови високої провізної здатності та швидкодії. Для цього необхідно вирішити ряд завдань, які б дозволили здійснювати вантажообмін контрейлерних поїздів на шляху прямування, не допускаючи при цьому погіршення інших параметрів функціонування системи – головним чином продуктивності та швидкодії.

Найбільш ефективним підходом до вирішення зазначених проблем є використання методології спрямованого синтезу складних систем. Особливістю цієї методології є те, що вона дозволяє вийти наперед задані параметри складної системи.

Синтезована структура терміналу для забезпечення високоєфективного швидкого вантажообміну при організації контрейлерних перевезень дозволяє здійснювати вантажообмін контрейлерних поїздів на проміжних станціях їх маршруту за мінімальний час без суттєвого зниження маршрутної швидкості та провізної здатності системи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНТРЕЙЛЕРНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ВАНТАЖНІ ТЕРМІНАЛИ, СПРЯМОВАНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ.

ABSTRACT

Lomotko D.V., Krasnoshtan O.M. Innovative approach to increase of operational speed and productivity. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

The article proposes an approach to improving the structure and parameters of complexes for the organization of cargo exchange of piggyback trains using the approach of complex system optimization.

The object of study – the process of piggyback transport, methods and approaches to increase its efficiency and speed.

The purpose of the work is to determine the methods of improving the efficiency of piggyback transportation and their flexibility in order to adapt its parameters to the needs of customers. Synthesis of methods to increase the flexibility of the piggyback transport system while maintaining consistently high rates of carrying capacity and speed of goods delivery.

Research method – system analysis and complex structural-parametric optimization. The organization of piggyback transportation is one of the elements of improving the efficiency and balance of the country's transport system. From the point of view of customer needs, the piggyback system should be flexible, while providing conditions for high transport capacity and speed. To do this, it is necessary to solve a number of problems that would allow the exchange of piggyback trains on the way, without allowing the deterioration of other parameters of the system – mainly performance and speed. The most effective approach to solving these problems is to use the methodology of directed synthesis of complex systems. The peculiarity of this methodology is that it allows you to reach the predefined parameters of a complex system. The synthesized structure of the terminal to ensure highly efficient high-speed freight exchange in the organization of piggyback transport allows piggyback freight exchange at intermediate stations of their route in a minimum time without significantly reducing the route speed and carrying capacity of the system.

KEYWORDS: PIGGYBACK TRANSPORTATION, FREIGHT TERMINALS, DIRECTED SYNTHESIS OF SYSTEMS.

РЕФЕРАТ

Ломотько Д.В. Инновационные методы повышения производительности и быстродействия систем контейнерных перевозок / Д.В. Ломотько, А.М. Красноштан // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

В статье предложен подход к совершенствованию структуры и параметров комплексов для организации вантажообмину контейнерных поездов с использованием подхода комплексной оптимизации.

Объект исследования – процесс контейнерных перевозок, методы и подходы к повышению его эффективности и быстродействия.

Цель работы – определение методов повышения показателей эффективности контейнерных перевозок и их гибкости с целью адаптации к потребностям клиентов – грузовладельцев и автоперевозчиков. Синтез методов повышения гибкости системы контейнерных перевозок при сохранении стабильно высоких показателей провозной способности и скорости доставки грузов.

Метод исследования – системный анализ и комплексная структурно-параметрическая оптимизации. Организация контейнерных перевозок является одним из элементов повышения эффективности функционирования и сбалансированности транспортной системы страны. С точки зрения потребностей Клиентов, система контейнерных перевозок должна быть гибкой, одновременно обеспечивать условия высокой перевозочной способности и быстродействия. Для этого необходимо решить ряд задач, позволяющих осуществлять вантажообмин контейнерных поездов в пути следования, не допуская при этом ухудшения других параметров функционирования системы – главным образом производительности и швидкоидии. Наиболее эффективным подходом к решению указанных проблем является использование методологии направленного синтеза сложных систем. Особенностью этой методологии является то, что она позволяет выйти на заранее заданные параметры сложной системы. Синтезированная структура терминала для обеспечения высокоэффективного быстрого вантажообмину при организации контейнерных перевозок позволяет осуществлять вантажообмин контейнерных поездов на промежуточных станциях их маршрута за минимальное время без существенного снижения маршрутной скорости и перевозочной способности системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОНТРЕЙЛЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ, ГРУЗОВЫЕ ТЕРМИНАЛЫ, НАПРАВЛЕННОГО СИНТЕЗА СИСТЕМ..

АВТОРИ:

Ломотко Денис Вікторович, доктор технічних наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, e-mail: den@kart.edu.ua, тел. +380 67 576 06 61, Україна, 61050, м. Харків, площа Фейербаха 7

Красноштан Олександр Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри менеджменту і туризму, e-mail: olexander.krasnoshtan@gmail.com, тел. +380 67 444 11 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, к. 253.

AUTHOR:

Lomotko Denis V., Dr. Sc., professor, Ukrainian state university of railway transport, head of department of transportation systems and logistic, e-mail: den@kart.edu.ua, тел. +380 67 576 06 61, Ukraine, 61050, Kharkiv, Feyerbakh sq., 7

Krasnoshtan Olexander M., Ph.D., associate professor, National transport university, associate professor department of management and tourism, e-mail: olexander.krasnoshtan@gmail.com, тел. +380 67 444 11 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Mykhayla Omelyanovycha-Pavlenka str., 1, of. 253.

АВТОРЫ:

Ломотко Денис Викторович, доктор технических наук, профессор, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, заведующий кафедрой транспортных систем и логистики, e-mail: den@kart.edu.ua, тел. +380 67 576 06 61, Украина, 61050, г. Харьков, площадь Фейербаха 7

Красноштан Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры менеджмента и туризма, e-mail: olexander.krasnoshtan@gmail.com, тел. +380 67 444 11 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, к. 253.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Тернюк М.Е., доктор технічних наук, професор, Міжнародна академія наук і вищої школи, президент академії, Київ, Україна

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, учений секретар НТУ.

REVIEWER:

Ternyuk M.E., Ph.D., Engeneering (Dr.), professor, International academy of science and high school, President of academy, Kyiv, Ukraine

Melnychenko O.I., Ph.D., professor, National transport university, head of department of Production, Repair and Materials Science, scientific secretary of the university