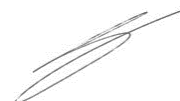


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

СЛОБОДЯНЮК Максим Едуардович



УДК 656.1:656.4:656.025

**РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ В СКЛАДНИХ
ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: **ГОРОБЧЕНКО Олександр Миколайович**,
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри
тягового рухомого складу залізниць Державного
університету інфраструктури та технологій (м.
Київ)

Офіційні опоненти: **ГРИЦУК Ігор Валерійович**,
доктор технічних наук, професор, професор
кафедри експлуатації судових енергетичних
установок Херсонської державної морської
академії Міністерства освіти і науки України (м.
Херсон).

ПУЗИР Володимир Григорович,
доктор технічних наук, професор, завідувач
кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу
Українського державного університету
залізничного транспорту Міністерства освіти і
науки України (м. Харків).

МАЧАЛІН Ігор Олексійович,
доктор технічних наук, професор, декан
факультету аеронавігації, електроніки та
телекомунікацій Національного авіаційного
університету Міністерства освіти і науки України
(м. Київ).

Захист дисертації відбудеться «11» грудня 2020 року о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.110.01 у Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 04071, м. Київ, вул. Кирилівська, 9.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 04211, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 2.

Автореферат розісланий «10» листопада 2020 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 26.110.01



О.М. КОЛОМІЄЦЬ

Вступ. В останні роки розширюється виробничо-економічна база та потенціал як розвинутих держав так і тих, що розвиваються. Не останню роль у цьому процесі відіграє транспорт всіх видів та його експлуатація. Від витрат на експлуатацію транспорту у значній мірі залежить рентабельність підприємства. Розвиток виробничої бази та збільшення випуску різної продукції прямо пов'язано зі збільшенням об'ємів перевезень. Як показав аналіз транспортних витрат, вони складають від 7% до 30% собівартості готової продукції. Таким чином, підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту є значним резервом підвищення конкурентоспроможності підприємств та економіки держави в цілому.

Експлуатація в цій роботі розуміється як мегапроцес, до якого входять процеси використання за призначенням засобів транспорту, їх технічне обслуговування і ремонт, подовження ресурсу, тощо. В цій роботі завдання підвищення ефективності експлуатації вирішується шляхом удосконалення наведених процесів з урахуванням взаємодії різних видів транспорту при реалізації вантажних перевезень.

У зв'язку з розвитком перевезень з участю різних видів транспорту необхідні нові методи підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів з урахуванням особливостей кожного виду транспорту. Крім того необхідні нові підходи до оптимізації параметрів засобів транспорту, що забезпечують функціонування виробничих систем незалежно від виду транспорту, які дозволяють враховувати їх територіальність, рівень, потребу в перевезеннях регіону та наявність транспортних коридорів з метою реалізації транспортних можливостей регіонів і держави при розгляданні складних виробничих систем. Під складними виробничими системами в роботі розуміється багатокомпонентний комплекс виробничих, переробних підприємств, та підприємств транспортного обслуговування регіону, що експлуатують різні види транспорту у вантажних перевезеннях.

Актуальність теми. В теперішній час теоретичні основи експлуатації засобів транспорту достатньо розроблені та впроваджені. Але розвиток та ускладнення функціонування транспортної галузі в останні роки (мультимодальні перевезення, транспортні коридори) вимагають розглядати експлуатацію транспортного засобу з позицій елементів складної багаторівневої системи. Актуальність роботи обумовлена тим, що існуючих теоретичних розробок такого спрямування не достатньо, щоб повністю визначити взаємний вплив різних засобів транспорту на ефективність їх експлуатації та ефективність транспортного процесу в цілому. Особливу актуальність набувають роботи пов'язані з експлуатацією та розвитком засобів транспорту, що залучаються до транспортних коридорів, але при цьому залишаються не достатньо розробленими питання безпечності та екологічної безпеки при експлуатації їх в якості елементів виробничих систем. Розробка теоретичного підґрунтя взаємодії засобів транспорту є досить складною задачею, тому що кожний вид транспорту має свої особливості, специфіку роботи, ремонтні вимоги, матеріальну, комунікаційну та інформаційну базу, а ефективність їх роботи залежить від ефективності експлуатації кожного виду транспорту та їх взаємодії з

урахуванням вимог до мінімізації шкідливого впливу на екологію. Таким чином, брак теоретичних результатів, відсутність рекомендацій експлуатаційним підприємствам та рекомендацій науково-дослідних установ стосовно оптимізації експлуатації транспортних засобів в складних системах дозволяє сформулювати актуальну наукову проблему: розвиток теоретичних основ підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах.

Зв'язок роботи з науковими програмами планами, темами. Робота виконана у відповідності до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (розп. КМУ від 30 травня 2018 р. № 430-р); «Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період до 2020 року», затвердженої наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 08.01.2008 р. №7; Проекту технічної допомоги ЄС «Підтримка інтеграції України до транс-європейської транспортної мережі» та твінінг-проектом «Підтримка розробки та впровадження транспортної політики в Україні». Наукові результати отримані при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт, зокрема: «Розробка методів логістичного забезпечення енергозберігаючих технологій і транспортно-складської обробки вантажопотоків» № д/р 0110И0020106; «Розробка технологій формування і обробки вантажопотоків у транспортних коридорах, що мінімізують витрати на логістичне обслуговування і стимулюють соціально-економічний розвиток регіонів» № д/р 0112И000219.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є вирішення наукової проблеми підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту шляхом урахування особливостей їх використання в складних виробничих системах, мінімізації витрат на технічну експлуатацію, а також підвищення безпеки використання та мінімізації екологічного впливу на оточуюче середовище.

Для досягнення вказаної мети у роботі поставлені такі наукові задачі:

- провести аналіз сучасного стану теоретичних і експериментальних досліджень розвитку та експлуатації різних засобів та видів транспорту в складних виробничих системах;
- розробити метод структурування багаторівневих виробничих систем з експлуатацією різних видів транспорту;
- удосконалити метод структурно-параметричного синтезу та оптимізації параметрів експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах;
- розробити метод визначення економічного критерію ефективності експлуатації транспорту в складній виробничій системі;
- розробити метод структурування засобів транспорту за їх роллю та призначенням при експлуатації їх в транспортному коридорі;
- доопрацювати математичні моделі визначення параметрів засобів транспорту в умовах експлуатації їх з великоваговими та довгомірними вантажами;
- доопрацювати концепцію організації експлуатації засобів транспорту в прикордонних регіонах;

- визначити та оцінити шляхи удосконалення методів експлуатації засобів транспорту для зниження забруднення навколишнього середовища;
- удосконалити метод підвищення ефективності експлуатації трубопровідного транспорту за рахунок зниження експлуатаційних витрат як складової виробничої системи;
- розвинути модель стійкості колісного транспортного засобу та визначення припустимої швидкості руху в умовах експлуатації для максимально завантажених виробничих систем.

Об'єкт дослідження – процеси експлуатації засобів транспорту та об'єктів інфраструктури при функціонуванні складних виробничих систем.

Предмет дослідження – моделі та методи підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах, що включають різні види транспорту.

Методи дослідження. Постановка задач дослідження, вибір методів їх вирішення та аналіз результатів здійснено з використанням теорії системного аналізу і синтезу складних технічних систем для створення ефективних способів регулювань процесів, що виникають в них. При дослідженні експлуатації засобів транспорту використовувались графоаналітичні методи та теорія множин, а також кластерний підхід для визначення взаємних зв'язків між постачальниками та споживачами вантажів. Для структурно-параметричного синтезу та підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту використовувалась теорія графів, метод Парето, системний та структурний аналіз. При розробці моделей експлуатації використовувались теорія динамічного програмування, методи статистичних досліджень, оптимізаційні методи дослідження операцій та теорія масового обслуговування.

Наукова новизна одержаних результатів. Вирішено наукову проблему розвитку теоретичних основ підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту з урахуванням особливостей їх використання в виробничих системах з різними видами транспорту, що дозволило визначити нові підходи до транспортного забезпечення в сучасних умовах.

Вперше:

- на основі аналізу і особливостей функціонування та експлуатації засобів транспорту різних видів розроблено математичні моделі та методи побудови та переформування складних виробничих систем з використанням їх структурного індексу, що дозволяє визначити кількість структурних рівнів системи яка розглядається;
- розроблено метод визначення економічного критерію ефективності експлуатації засобів транспорту, який відрізняється тим, що ґрунтується на показниках декількох видів транспорту та дозволяє врахувати технічні характеристики транспортних засобів і параметри транспортної інфраструктури;
- розроблено метод структурування засобів транспорту та виробничих систем за їх роллю та призначенням при наявності транспортного коридору і без нього, що дозволяє диференційовано підійти до інтенсивності їх обслуговування і витрат на це ресурсів.

Доопрацьовано:

- теоретичні основи технології зниження шкідливого впливу на оточуюче середовище від експлуатації автомобільних транспортних засобів, що дозволяє зменшити їх шкідливі викиди та підвищити паливну економічність.

- метод моделювання параметрів верхньої будови залізничних колій для пропуску великовагових та великогабаритних вантажів, який дозволяє підвищити ефективність експлуатації транспорту за рахунок продовження терміну служби елементів залізничної колії і підвищення швидкості руху;

- метод підвищення ефективності експлуатації трубопровідного транспорту за рахунок зниження експлуатаційних витрат, який відрізняється тим, що дозволяє визначити коефіцієнт використання кожного елементу трубопровідних систем та виконати більш ефективний розподіл експлуатаційного навантаження на окремі їх елементи.

Дістала подальшого розвитку:

- модель стійкості автомобільного транспортного засобу та припустимої швидкості руху в максимально навантажених виробничих системах, яка відрізняється тим, що дозволяє визначити раціональні режими експлуатації вантажних автомобілів на криволінійних ділянках;

- концепція організації експлуатації засобів транспорту в прикордонних регіонах, що дозволяє залучити додаткові, як зовнішні, так і внутрішні вантажопотоки.

Обґрунтованість наукових результатів, висновків і рекомендацій, що захищаються, обумовлена коректністю постановки і рішення задач, адекватністю моделей реальним об'єктам, коректністю використання математичного апарату програмування та введенням в моделі достовірних загальновідомих зовнішніх функцій. Підтвердженням достовірності наукових досліджень є збіг результатів теоретичних та експериментальних досліджень, а також успішна реалізація результатів роботи на промислових підприємствах України.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що широке використання розробленої методології в практиці експлуатації засобів транспорту різного рівня буде сприяти підвищенню ефективності їх експлуатації за рахунок зниження експлуатаційних витрат, продовження терміну служби, підвищення швидкості просування та обробки вантажів та зменшенню шкідливого впливу на оточуюче довкілля. Розроблені в дисертації наукові положення і результати можуть бути використані в експлуатаційних та науково-дослідних установах для створення нових методів експлуатації транспорту та транспортної інфраструктури. Використання запропонованих методів і моделей дає опосередковано зменшення фінансових витрат приблизно на 7 - 14% при оптимізації експлуатації різних видів транспорту для вирішення виробничих завдань. Результати роботи впроваджено у навчальний процес підготовки магістрів в ДУІТ за спеціальністю «Залізничний транспорт». Також запропоновані методи впроваджені: в Директораті цифрової інфраструктури на транспорті Міністерства інфраструктури України, в АТ «Укртрансфаста» та двох

підприємствах залізничного транспорту ТОВ «ДТЕК». Відповідні акти наведені у додатку до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення та результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. У спільних роботах автору належать наступні положення.

У спільних роботах [1,17,19] здобувачем запропоновано систему оцінки пошкоджень магістральних трубопроводів при зовнішньому впливі, в [2,9] сформовано критерії та розроблено метод для визначення числа рівнів у виробничій системі; в [3] уточнено вимоги до моделі двигуна транспортного засобу; в [6] розроблено модель системи в сполучній постановці рейкового шляху і пружної основи; в [7] запропоновано метод і принципова схема системи об'єктів і пристроїв динамічного регулювання швидкості руху; в [8] запропоновано метод і алгоритм створення логопарку і розглянуті шляхи його реалізації; в [12] запропоновано варіант скорочення протяжності транспортних коридорів Східного і Близькосхідного напрямку; в [10] встановлено закономірності зміни стану мережі в довгостроковій перспективі; в [11] розроблено метод розрахунку загального запасу при нових розмірах складу; в [13] розроблено метод оцінки витрат при доставці вантажів; в [14] запропоновано підхід до розробки інформаційного супроводу вантажоперевезень; в [15] розроблено умови використання контейнерів великої ваги при різних схемах їх завантаження; в [16] запропоновано методи проведення сервісного обслуговування транспортного обладнання; в [17] запропоновано метод визначення витрат на оцінку і ремонт магістральних трубопровідних систем; в [18] виконано аналіз транспортних потоків України; в [20] розроблено метод оцінки міцності складання верхньої будови залізничних колій при пропуску транзитних поїздів; в [21] запропоновано критерій для оцінки технічного рівня процесів транспортування та метод оцінки його економічної складової; в [22] розроблено теоретичні основи розрахунку продуктивності автопоїзда зі змінними автопричепами; в [23] розроблено модель часу проходження транспортного засобу з урахуванням можливого або необхідного обслуговування; в [24] розроблена математична модель оптимізації маршруту; в [25] запропоновано модель експлуатації транспортних засобів при різній кількості структурних елементів мережі.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях: на II, III, IV, V Міжнародних науково-практичних конференціях (МНПК) «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» у 2010-2014 роках у містах Євпаторія і Луганськ; науково-технічній конференції «Науково-технічні проблеми, транспорту, промисловості та освіти», 2012 р., м. Хабаровськ; на 2-й МНПК «Стратегія розвитку міст», 2013 р., м. Харків; 3-й МНПК «Актуальні проблеми економіки і управління на транспорті», 2013 р., м. Владивосток; 12-й МНПК «Наука - образованию, производству, экономике», 2014 р., м. Мінськ; 3-й МНПК «Проблеми транспорту», 2011 р., Польща; МНПК «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування», 2020 р., м. Херсон.

Публікації.

Основні наукові результати дисертації опубліковані у 25 наукових працях, у тому числі: 1 монографія, 8 статей в закордонних фахових виданнях, що рецензуються, 16 статей у виданнях, що внесені до переліку наукових фахових видань України та входять до міжнародних наукометричних баз. 3 статті опубліковано у журналах, що входять до наукометричної бази Scopus.

Структура і обсяг дисертації Дисертація складається із вступу, семи розділів, висновків, переліку використаних джерел і чотирьох додатків. Повний обсяг роботи складає 399 сторінок. Робота ілюстрована 90 рисунками, наведено 59 таблиць. Перелік використаних джерел містить 249 найменувань на 22 сторінках, додатки розміщені на 70 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовані мета і задачі досліджень, відображена наукова новизна результатів, їх практичне значення. Наведені відомості про зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, та її загальна характеристика.

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану теорії і практики проектування, розвитку та функціонування засобів транспорту при експлуатації різних видів транспорту. Аналіз структури виробничих систем показав що їх треба розглядати як транспортну мережу, обладнану інфраструктурою, яка забезпечує обробку та просування матеріальних потоків.

До складу виробничих систем та їх інфраструктури входять транспортні засоби, шляхи сполучення, шляхові та інші комунікації, які поєднують постачальників, споживачів і багато інших інфраструктурних об'єктів. Ефективність експлуатації транспорту оцінюється, головним чином, двома критеріями. Це може бути швидкість або експлуатаційні витрати. Останній є найбільш показовим.

Враховуючи, що процес транспортування є багатоланкова структура, її економічна ефективність залежить від економічної ефективності кожного об'єкта ланки. Підвищення ефективності експлуатації будь якого засобу транспорту можливо досягнути різними шляхами. Це може бути: розвиток та удосконалення інфраструктури на різних етапах проектування та експлуатації; заміна засобів транспорту на нові чи аналогічні з кращими експлуатаційними характеристиками та показниками; модернізація існуючих засобів транспорту та максимальне використання їх технічних характеристик; зменшення шкідливого впливу на оточуюче середовище та ін.

В різні часи значний внесок у розвиток засобів транспорту і вирішення проблеми підвищення їх ефективності та розробки математичних моделей, методів, алгоритмів для підвищення ефективності експлуатації засобів різних видів транспорту зробили вчені: Акулінічев В.М., Авен О.І., Анікін Б.О., Бабушкін Г.Ф., Берестовий А. М., Беляєв В.М., Бобровський В.І., Богомья В. І., Бутько Т.В., Воркут А.І., Моїсеєнко Г.Є., Глушков В.М., Гріценко В.І., Губенко В.К., Геронімус Б.Л., Горобченко О. М, Грицук І. В., Жуковицький І. В., Лаврухін О.В., Лапкіна І.А., Ломотько Д.В., Лукинський В.С., Мачалін І. О., Міроненко В.К., Міротін Л.Б., Монастирський Ю. А., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Неруш Ю.М., Нефьодов М.А., Нечаєв Г.І., Ніколін В.І., Неколайчук В.Є., Пасічник А.М., Петрашевський О.Л.,

Поліщук В.П., Прохорченко А. В., Правдін М.В., Панченко О.А., Постан М.Я., Пузир В. Г., Самсонкін В.М., Смехов А.О., Хабутдінов Р.А., Шибасєв О.Г., Крістофідес М., Літл Дж.,

Враховуючи досить широкий спектр питань, які будуть сприяти підвищенню ефективності експлуатації засобів транспорту на різних етапах їх життєдіяльності, необхідно виділити головні питання і задачі, вплив яких найбільш вагомий, розробити теоретичні основи та методи їх вирішення. Аналіз вітчизняних та закордонних досліджень показав, що складність вирішення проблеми, яка розглядається, полягає в тому, що теорія функціонування та експлуатації транспорту в системі обробки вантажопотоків не може бути описана одним математичним виразом через її багатофакторність. Проаналізовані також роботи в області моделювання, формування і структурування транспортних систем та екологічної безпеки.

Аналіз стану проблеми виявив існування **протиріччя**: з одного боку, існують відомі шляхи підвищення ефективності експлуатації окремих видів транспорту, з іншого боку, при системному розгляді транспортного забезпечення з залученням декількох видів транспорту, виникає необхідність в дослідженні взаємних впливів різних експлуатаційних характеристик засобів транспорту та забезпечення їх максимальної ефективності при комплексному використанні. На підставі визначеного протиріччя сформульовано **гіпотезу дослідження**: найбільшої ефективності експлуатації засобів транспорту можна досягти при системному аналізі їх функціонування в складних виробничих системах.

На підставі проведеного аналізу сформовано критерій оптимальності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах:

$$Z = f \left(\sum_{i=1}^n \xi_i \cdot L_i + \sum_{i=1}^n \chi_i \cdot W_i + A \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де ξ_i – експлуатаційні витратні нормативи по утриманню протягом одного календарного року ділянки транспортної системи;

L_i – довжина ділянки i -го виду транспорту, що експлуатується в перевізному процесі;

i – умовний показник виду транспорту, що експлуатується в перевізному процесі ($i=1$ для автомобільного транспорту, $i=2$ для залізничного транспорту і т. д.)

χ_i – витратні нормативи на експлуатацію однієї одиниці транспортних засобів на один кілометр ділянки;

W_i – кількість одиниць транспортних засобів одного виду, що експлуатуються в перевізному процесі;

A – витрати на обробку вантажів при зміні виду транспорту впродовж перевізного процесу.

Обмеження використання критерію: $B = \text{const}$; $T = \text{const}$; $S = \text{const}$.

Умови використання критерію:

$$I = \sum_{i=1}^n Q_i l_i \rightarrow \min, \text{ де } Q_i \text{ – транспортна маса (обсяг перевезень, т); } l_i \text{ –}$$

транспортний шлях (відстань перевезення), км;

$$t = \sum_{i=1}^n t_i \rightarrow \min, \text{ де } t_i \text{ – час перевезення вантажу окремим видом транспорту, дїб.}$$

$$D = \sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i \rightarrow \min, \text{ де } d_i - \text{показник впливу на навколишнє середовище окремої}$$

одиниці транспорту (транспортного засобу).

Виходячи з вищенаведеного можна зробити висновок, що необхідне вдосконалення методології і наукових основ експлуатації засобів транспорту, що функціонують в складних виробничих системах з різними видами транспорту.

Другий розділ. З експлуатаційної точки зору складна виробнича система є сукупність засобів транспорту, транспортних шляхів, вузлів, складських та термінальних комплексів розподільчих центрів та інших елементів інфраструктури, які забезпечують можливість просування транспортних потоків при виробничо-господарській діяльності підприємств. Великі витрати на підтримку в працездатному стані засобів транспорту, незалежно від видів транспорту, потребують прийняття обґрунтованих проектних рішень пов'язаних з формуванням транспортної мережі, реконструкцією діючих ділянок і інших елементів інфраструктури у зв'язку з загальною концепцією збалансованого регіонального розвитку. Це дало можливість сформулювати типові задачі, які виникають при формуванні структури і організації експлуатації засобів транспорту в системах, а також відповідні етапи їх вирішення.

Перша задача це аналіз та визначення відповідності структури існуючої виробничої системи потребам регіонів. Для цього будь яку територіальну виробничу систему слід розглядати як трирівневу – місцевий рівень, регіональний та міжрегіональний. Розглянуто формування місцевого рівня системи. В якості базового фрагменту на місцевому рівні слід розглядати окремий кластер, функціонуючий на визначеній території. Але від існуючого визначення, де не враховуються необхідність виконання перевезень між підприємствами, під кластером слід уявляти територію з сукупністю просторово-локалізованих господарюючих суб'єктів які характеризуються наявністю стійких технологічних зв'язків та вантажних перевезень, що здійснюються протягом тривалого часу.

Будемо вважати, що кластери, які формуються, характеризуються тим, в їх межах виконується не менше двох третин всього об'єму транспортної роботи при функціонуванні місцевого виробництва. Ці умови та обмеження пов'язані з необхідністю визначення кордонів кластерів. Вважаємо, що з одного боку ці умови достатні, а з другого – можуть змінюватись.

Формування регіонального рівня відбувається як результат об'єднання господарюючих на місцевому рівні груп підприємств (окремих кластерів) і перевезеннями на більші відстані у порівнянні з місцевим рівнем системи. Аналіз функціонування системи регіонального рівня слід робити окремо для територій розташованих поблизу чи на відстані від транспортних коридорів.

Структурний аналіз територіальних виробничих систем дає можливість визначити склад, властивість, характер і особливості взаємодії окремих елементів в процесі функціонування і дати оцінку можливості пристосування таких систем до рішення задач визначених їх цільовому призначенню.

Відомі методи структурного аналізу не дозволяють однозначно встановити структурний склад системи, що значно ускладнює вирішення практичних задач пов'язаних з вибором оптимальних територій функціонування.

На рис.1 наведено приклад фрагменту територіальної виробничої системи. До його складу входять шість взаємодіючих кластерів K_1, K_2, K_6 з транспортними

шляхами різної довжини. Лінійні елементи місцевого рівня позначені a_i^* ($i=1,2,\dots,17$) і складають множини A^* . Шляхи які поєднують в одну сітку на регіональному рівні вузли окремих кластерів це b_i^* ($i=1,2,\dots,7$), а їх сукупність визначає склад множини B^* . Елементи які забезпечують проходження транзитних вантажопотоків позначені c_i^* ($i=1,2,\dots,5$), а їх сукупність утворюють множину C^* і визначають склад міжрегіонального рівня системи.

Для визначеності спроектуємо систему з даними реального виробничого регіону Луганської області. Ці дані, наведені у табл. 1, характеризують склад системи, а на рис. 2-3 показано взаємне розташування елементів множин A^* , B^* і C^* на площині $q01$.

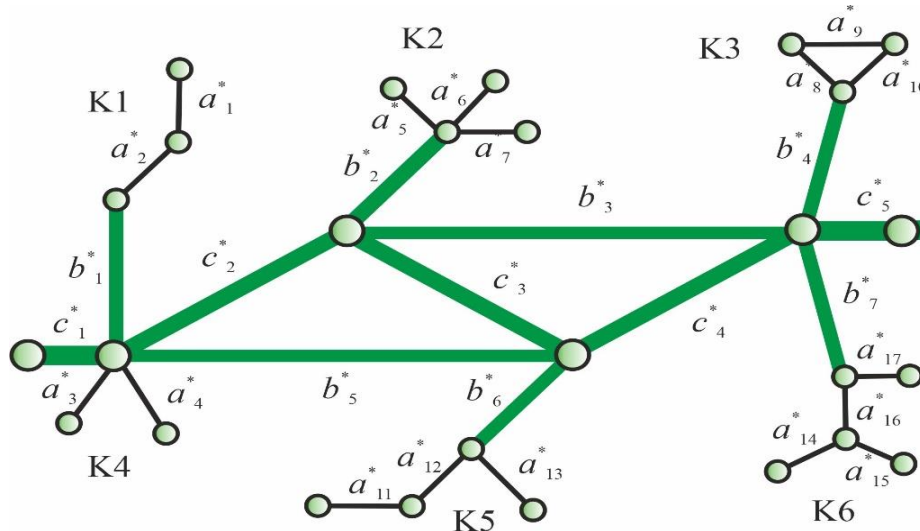


Рисунок 1 – Фрагмент територіальної виробничої системи

Для більшої інформативності і можливості обробки множин A^* , B^* , C^* , з набором елементів $a_i^*(l_i^{A^*}, q_i^{A^*})$, $b_i^*(l_i^{B^*}, q_i^{B^*})$, $c_i^*(l_i^{C^*}, q_i^{C^*})$ перетворено на множини A , B , C (рис.3) з елементами $a_i(x_i^A, y_i^A)$, $b_i(x_i^B, y_i^B)$, $c_i(x_i^C, y_i^C)$ у безрозмірних координатах які визначено наступним чином.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i^A = \frac{l_i^{A^*} - l_{\min}}{l_{\max} - l_{\min}} \\ y_i^A = \frac{q_i^{A^*} - q_{\min}}{q_{\max} - q_{\min}} \end{array} \right. ; \left\{ \begin{array}{l} x_i^B = \frac{l_i^{B^*} - l_{\min}}{l_{\max} - l_{\min}} \\ y_i^B = \frac{q_i^{B^*} - q_{\min}}{q_{\max} - q_{\min}} \end{array} \right. ; \left\{ \begin{array}{l} x_i^C = \frac{l_i^{C^*} - l_{\min}}{l_{\max} - l_{\min}} \\ y_i^C = \frac{q_i^{C^*} - q_{\min}}{q_{\max} - q_{\min}} \end{array} \right. \quad (2)$$

де l_{\max} , l_{\min} – максимальне і мінімальне значення довжини транспортної ділянки серед усіх елементів $l_i^{A^*}$, $l_i^{B^*}$, $l_i^{C^*}$ відповідно.

q_{\max} , q_{\min} - максимальний і мінімальний вантажопотік серед усіх елементів $q_i^{A^*}$, $q_i^{B^*}$, $q_i^{C^*}$.

Для уточнення числа структурних рівнів системи і їх елементів розроблено критерії і алгоритми які дозволяють визначити взаємне розташування і необхідність подальшого об'єднання множин. Територіальну систему слід вважати трирівневою якщо елементи a_i , b_i , c_i які належать різним рівням утворюють на площині YOX множини A, B, C і не перекриваються, з подальшою оцінкою можливості їх об'єднання.

Наведено структурні характеристики багаторівневих систем. Після перетворення у відносні величини вихідних даних на рис. 2 отримуємо рис. 3 з безрозмірними координатами. Близькість a_i та a_j множини А на площині YOХ визначається як

$$d(a_i, a_j) = \sqrt{(x_i^{(A)} - x_j^{(A)})^2 + (y_i^{(A)} - y_j^{(A)})^2}, \quad (3)$$

а її характеристикою при N_A елементів-максимальна відстань D_A між його точками

$$D_A = \text{diam } A = \sup_{a_i, a_j \in A} d(a_i, a_j). \quad (4)$$

Це означає що множина a_i ($i = 1, 2, \dots, N_A$) на площині YOХ може бути «накрито» діаметром D_A . Однак центр цього круга не може бути центром множини і в загальному випадку у якості центру розглядається умовна точка S_i центроїду з координатами.

$$\bar{x}_A = \frac{\sum_{i=1}^{N_A} x_i^{(A)}}{N_A}, \quad \bar{y}_A = \frac{\sum_{i=1}^{N_A} y_i^{(A)}}{N_A}. \quad (5)$$

Таблиця 1 – Характеристики територіальної виробничої системи

Позначення множин та окремих елементів в їх складі	Характеристики елементів системи		
	Рівень системи і порядковий номер елемента, і	Довжина ділянки, км	Величина загального вантажообігу, т / добу
A^*	<i>місцевий</i>	$l_i^{A^*}$	$q_i^{A^*}$
a_{1*}	1	23	6110
a_{2*}	2	18	4960
a_{3*}	3	31	5740
a_{4*}	4	17	6600
a_{5*}	5	27	4140
a_{6*}	6	36	5120
a_{7*}	7	32	7220
a_{8*}	8	31	7740
a_{9*}	9	24	7910
a_{10*}	10	26	8800
a_{11*}	11	18	7140
a_{12*}	12	25	9300
a_{13*}	13	34	10140
a_{14*}	14	22	6840
a_{15*}	15	31	10200

Позначення множин та окремих елементів в їх складі	Характеристики елементів системи		
	Рівень системи і порядковий номер елемента, і	Довжина ділянки, км	Величина загального вантажообігу, т/добу
a_{16*}	16	29	11220
a_{17*}	17	32	11140
B^*	<i>регіональний</i>	$l_i^{B^*}$	$q_i^{B^*}$
b_{1*}	1	33	8100
b_{2*}	2	44	8850
b_{3*}	3	61	8260
b_{4*}	4	34	10920
b_{5*}	5	45	7760
b_{6*}	6	42	10650
b_{7*}	7	46	9730
C^*	<i>міжрегіональний</i>	$l_i^{C^*}$	$q_i^{C^*}$
c_{1*}	1	67	27200
c_{2*}	2	36	26650
c_{3*}	3	30	24150
c_{4*}	4	59	23950
c_{5*}	5	63	26340

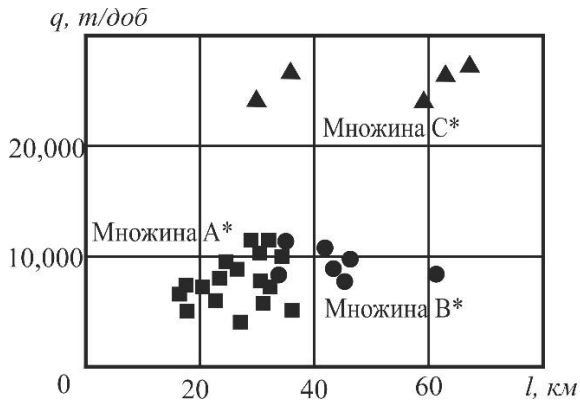


Рисунок 2 – Характеристики елементів системи у вигляді сукупності крапок на площі q0l

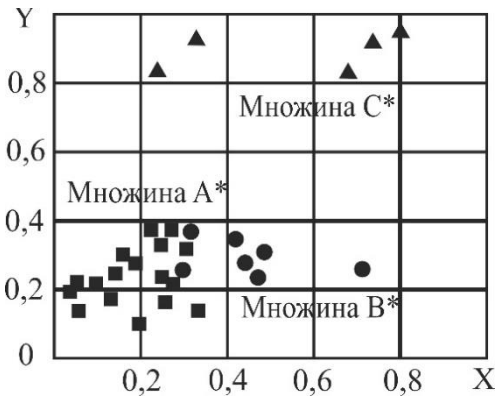


Рисунок 3 – Характеристики елементів системи у вигляді сукупності крапок на площі Y0X

В подальшому відстань між множинами А і В з N_A і N_B елементів визначається як евклідова між центроїдами S_1 і S_2 .

$$D_{AB} = \sqrt{(\bar{x}_A - \bar{x}_B)^2 + (\bar{y}_A - \bar{y}_B)^2} = \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^{N_A} x_i^{(A)}}{N_A} - \frac{\sum_{i=1}^{N_B} x_i^{(B)}}{N_B}\right]^2 + \left[\frac{\sum_{i=1}^{N_A} y_i^{(A)}}{N_A} - \frac{\sum_{i=1}^{N_B} y_i^{(B)}}{N_B}\right]^2} \quad (6)$$

Якщо $D_{AB} < \frac{D_A}{2} + \frac{D_B}{2}$, то такі множини перекривають одне інше і показник парної близькості множини А і В приймає додатне значення. При частковому, чи повному перекриванні η_{AB} приймає від'ємне значення $\eta_{AB} = 1 - \frac{D_A + D_B}{2D_{AB}} > 0$. Для тривірневої системи з множинами А, В, С з числом елементів N_A, N_B, N_C і відповідними діаметрами D_A, D_B, D_C .

$$\begin{cases} \eta_{AB} = 1 - \frac{D_A + D_B}{2 \cdot D_{AB}} \\ \eta_{AC} = 1 - \frac{D_A + D_C}{2 \cdot D_{AC}} \\ \eta_{BC} = 1 - \frac{D_B + D_C}{2 \cdot D_{BC}} \end{cases} \quad (7)$$

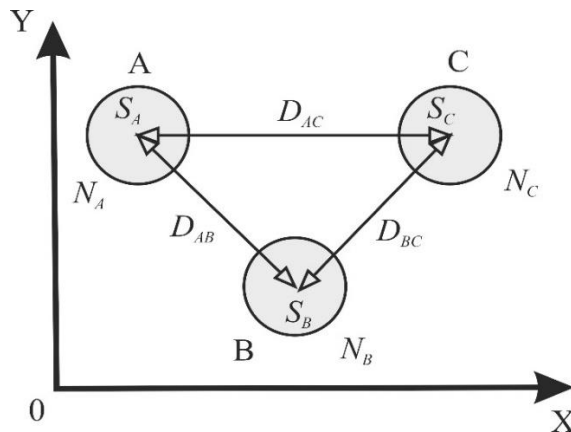


Рисунок 4 – Взаємне розташування множин А, В, С на площині і схема визначення відстаней між ними.

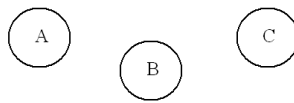
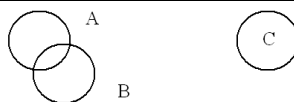
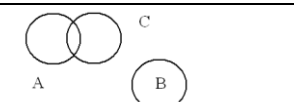

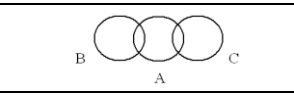
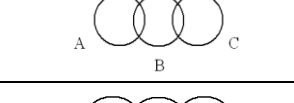
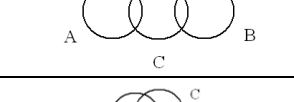
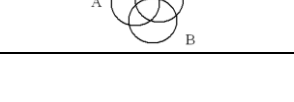
Для оцінки близькості множин пропонується використовувати узагальнений показник θ ,

$$\theta = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\eta_{AB}^2 + \eta_{AC}^2 + \eta_{BC}^2} \quad (8)$$

З використанням вищенаведеного методу і розробленої розрахункової програми, проаналізовано можливі варіанти взаємного розташування множин А, В, С багаторівневих систем і визначені структурні індекси $S_1, S_2 \dots S_8$ за якими, як найважливішими, характеризується будь яка система.

Таким чином рішення практичних задач пов'язано з уточненням структури, складу та режимів функціонування виробничих систем, визначення структурних індексів, структурних рівнів та варіантів можливого їх об'єднання у таблиці 2.

Таблиця 2 – Структурні характеристики багаторівневих виробничих систем

Умовне позначення структурного індексу	Схема взаємного розташування окремих множин на площині	Знаки парних показників близькості		
		η_{AB}	η_{AC}	η_{BC}
S1		+	+	+
S2		-	+	+
S3		+	-	+
S4		+	+	-
S5		-	-	+
S6		-	+	-
S7		+	-	-
S8		-	-	-

Також наведено відповідні варіанти формування структури. Розглянуто зміни у структурі виробничих мереж, які виникають при об'єднанні у різних комбінаціях.

У третьому розділі виконано структурно-параметричний синтез і оптимізацію експлуатації засобів транспорту в багаторівневих виробничих системах.

Відомі методи синтезу систем у ряді випадків не дозволяють вирішувати задачу вибору їх оптимальної структури, що пов'язано як з багатоваріантністю умов, так і зі складністю самої процедури синтезу, які необхідно виконати при її вирішенні. Крім того за своєю структурою такі системи як правило, багаторівневі, а організації їх ефективному функціонуванню перешкоджає відсутність відповідних методів і алгоритмів.

При рішенні задач структурного синтезу вважається що функціонування багаторівневих систем пов'язане з наявністю ряду експлуатаційних особливостей:

- господарська діяльність і взаємодія місцевих підприємств призводить до локалізації виробничих вантажних потоків переважно на місцевому рівні;
- вантажні транзитні перевезення виконуються переважно по транспортним коридорам, які виконують зв'язуючу роль у міжрегіональному сполученні. При цьому транзитними вважаються такі, що проходять через міжрегіональні транспортні центри а їх внесок в загальний об'єм перевезень між центрами є визначальним. Це спрощує формування місцевого, регіонального і міжрегіонального рівнів при дотриманні принципу цілісності усієї системи.

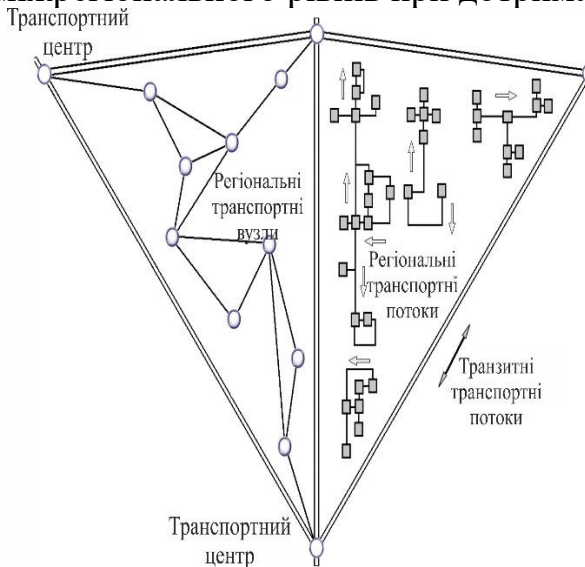


Рисунок 5 – Схема територіальної системи, в складі якої є як регіональні, так і транзитні потоки.

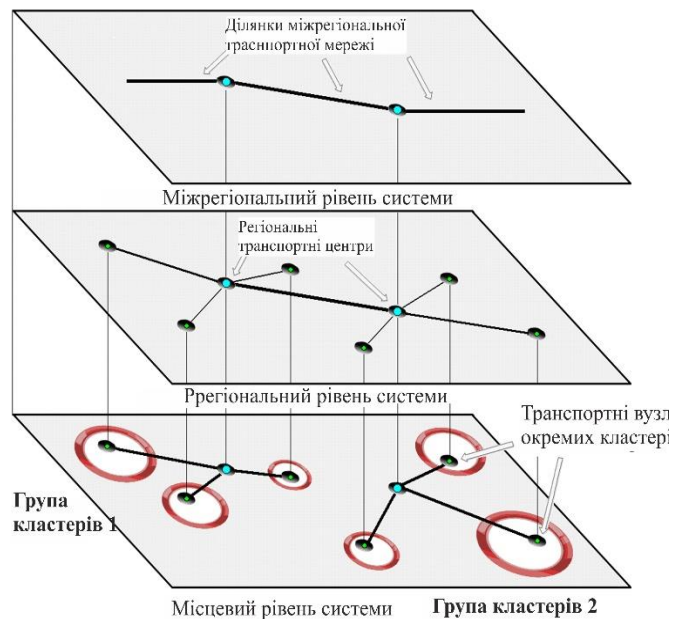


Рисунок 6 – Структурні рівні територіальної системи і їх взаємозв'язок

Якщо цільова функція є сумарна транспортна робота I_M

$$I_M = \sum_i Q_i l_i \rightarrow \min, \quad (9)$$

де Q_i – об'єм перевезень, l_i – відстань перевезень, забезпечує можливість синтезу оптимальної структури системи на рівні окремого кластера, то виникає необхідність вирішення наступних задач:

1 - визначення складу кластеру; 2 – визначення доцільності використання у якості транспортного вузла існуючого елемента кластера; 3 – визначення

розташування додаткового транспортного вузла у межах кластера який розглядається.

Вирішення цих задач у межах кластера розглянуто на прикладах.

Розглянуто особливості синтезу регіонального та міжрегіонального рівнів виробничих систем. На рис. 5 наведено приклад схеми територіальної виробничої системи, а на рис. 6 наведено структурні рівні територіальної системи та їх зв'язки.

Для регіонального рівня цільова функція це мінімізація загальної довжини усіх транспортних шляхів цього рівня системи і як наслідок зменшених витрат на створення та підтримку системи цього рівня у працездатному стані.

$$I_p = \sum_i l_i \rightarrow \min. \quad (10)$$

Для міжрегіонального рівня цільова функція

$$I_T = \sum_i T_i \rightarrow \min, \quad (11)$$

де T_i – середній час проходження транспортного потоку через i -ту ділянку межрегіонального рівня системи.

Досягнення цілі $I_T \rightarrow \min$ – це важлива практична задача, яка вирішується організацією руху, створенням інфраструктури, сучасною технологією просування вантажопотоку та ін.

Розроблено метод і розглянуто формування місцевого рівня виробничої системи на базі виробничого кластера з різною кількістю підприємств.

Використовуючи матриці вантажопотоків, $\|Q\|$, зв'язків $\|M\|$, та відстані $\|L\|$ розмір яких відповідає кількості підприємств кластера, загальна транспортна робота за час який аналізується визначається як :

$$I_s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot m_{i,j} \cdot l_{i,j}, \quad (12)$$

де $q_{i,j}$ – вантажопотік між елементами кластера, т;

$m_{i,j}$ – наявність зв'язків між елементами кластера;

$l_{i,j}$ – відстань між елементами, км.

Якщо кластер, наприклад має шість підприємств без загального центру (рис.7) при одиничному перевезенні $q=1$ т/доб., та $i \neq j$ загальна довжина транспортної мережі

$$L_{\Sigma} = 0,5 \cdot \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 l_{i,j}. \quad (13)$$

а загальна транспортна робота у кластері який формується таким чином

$$Q_w = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 q_{i,j} \cdot l_{i,j}. \quad (14)$$

Якщо у систему ввести додатковий елемент (транспортний вузол M_0) (рис. 8), то транспортна мережа зменшиться у 3,7 рази, але об'єм транспортної роботи збільшиться майже на 25%. Тому, в таких умовах формувати систему треба так, щоб мінімум транспортної роботи поєднувався з мінімальною сумарною відстанню усіх використаних транспортних шляхів. Тоді цільова функція з вимогами до структури системи на місцевому рівні має вигляд:

$$I^*_z = Q_w L_\Sigma \rightarrow \min. \tag{15}$$

Для визначення розташування транспортного вузла кластеру розроблено наступний метод. Наприклад є схема взаємного розташування окремих структурних елементів у кластері з напрямками перевезень (рис. 9). До нього треба ввести додатковий транспортний вузол M_0 .

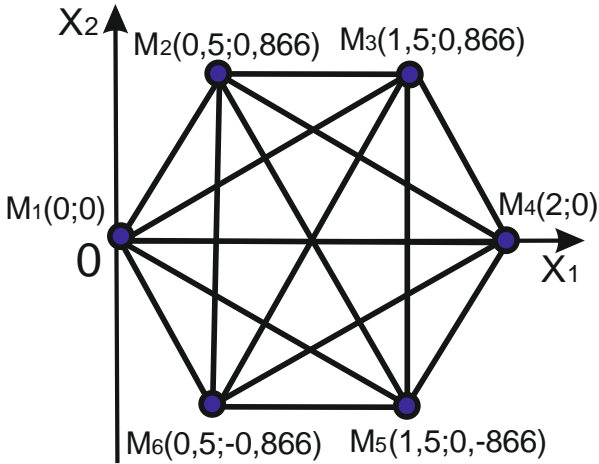


Рисунок 7 – Схема кластеру, в складі якого є 6 точкових елементів

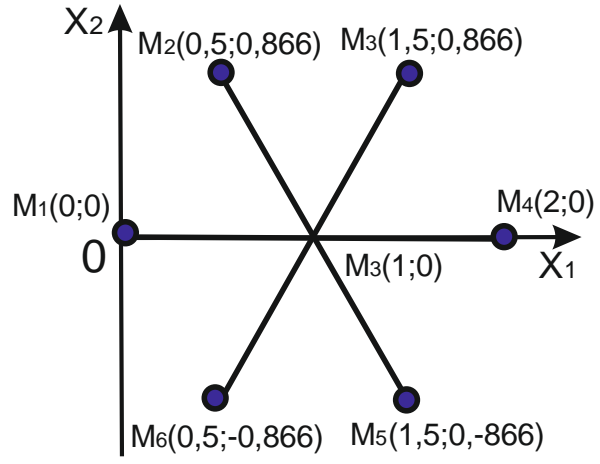


Рисунок 8 – Схема кластеру, в складі якого є 6 точкових елементів і транспортний вузол M_0

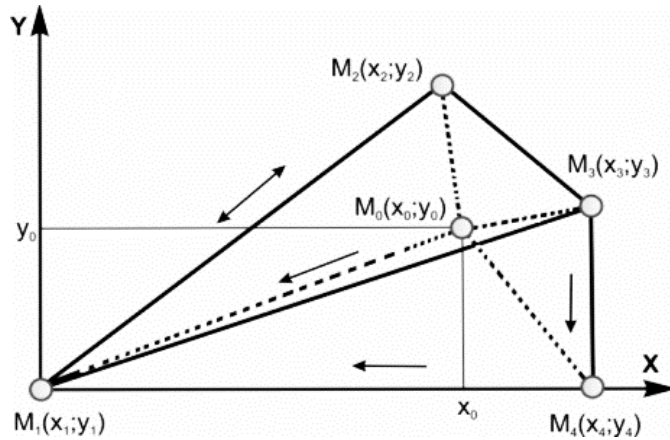


Рисунок 9 – Схема взаємного розташування окремих структурних елементів кластера і напрямки здійснюваних вантажних перевезень.

Складені матриці зв'язків $\|M\|$, об'ємів перевезень $\|Q\|$ та відстані між точками кластеру $\|L\|$. Відстань між точками $M(x_i; y_i)$ та $M(x_j; y_j)$ визначається як

$$l_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tag{16}$$

Матриця відстані в $\|L^*\|$ для кластеру з вузлом M_0 має вигляд:

$$\|L^*\| = \begin{vmatrix} 0 & l_{1,0} + l_{2,0} & l_{1,0} + l_{3,0} & l_{1,0} + l_{4,0} \\ l_{2,0} + l_{1,0} & 0 & l_{2,0} + l_{3,0} & l_{2,0} + l_{4,0} \\ l_{3,0} + l_{1,0} & l_{3,0} + l_{2,0} & 0 & l_{3,0} + l_{4,0} \\ l_{4,0} + l_{1,0} & l_{4,0} + l_{2,0} & l_{4,0} + l_{3,0} & 0 \end{vmatrix} \tag{17}$$

Елементи цієї матриці $l_{i,j}^*$ визначаються з використанням залежності наступним чином:

$$l_{i,j}^* = l_{i,0} + l_{j,0} \quad (18)$$

Тоді загальна протяжність транспортних шляхів для кластера із загальним вузлом визначається так:

$$L_{\Sigma}^* = \sum_{i=1}^n l_{i,0} \quad (19)$$

Транспортна робота, виконувана в межах кластера з вузлом M_0 :

$$Q_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot m_{i,j} \cdot l_{i,j}^* = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot m_{i,j} \cdot (l_{i,0} + l_{j,0}) \quad (20)$$

$$\text{Цільова функція } I_Z = \sum_{i=1}^n l_{i,0} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot m_{i,j} \cdot [l_{i,0} + l_{j,0}] \right\} \quad (21)$$

Величина I_Z є функцією координат точки $M_0(x_0; y_0)$:

$$I_Z(x_0; y_0) = \left\{ \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \right\} \times \\ \times \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot m_{i,j} \cdot \left(\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} + \sqrt{(x_j - x_0)^2 + (y_j - y_0)^2} \right) \right\} \quad (22)$$

Положення точки M_0 на площині Y_0X визначається за умови:

$$I_Z(x_0; y_0) \rightarrow \min \quad (23)$$

Для цього необхідно вирішити наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial I_Z(x_0, y_0)}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial I_Z(x_0, y_0)}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (24)$$

Рішенням системи (24) будуть координати транспортного вузла:

$$\begin{cases} x_0 = x_0^* \\ y_0 = y_0^* \end{cases} \quad (25)$$

Транспортний вузол окремого кластеру може одночасно бути як його складовою, так і елемента який належить регіональному рівню системи. Якщо через цей вузол буде проходити не значний вантажопотік він вважається – пасивним, а як що проходить значний потік то - активним і тоді треба коригувати його місце розташування з урахуванням додаткових вантажопотоків $q_{0,i}$ и $q_{i,0}$ ($i=1,2, \dots n$).

Додаткова транспортна робота.

$$Q_D = \sum_{i=1}^n (q_{0,i} + q_{i,0}) \cdot l_{i,0} \quad (26)$$

Тоді за аналогією з розглянутим раніше випадком цільова функція при заданому положенні активного вузла $M_0(x_0; y_0)$ визначається так:

$$I_Z(x_0; y_0) = \left\{ \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \right\} \times \\ \times \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot m_{i,j} \cdot \left[\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} + \sqrt{(x_j - x_0)^2 + (y_j - y_0)^2} \right] + \right.$$

$$+ \sum_{i=1}^n (q_{0,i} + q_{i,0}) \cdot \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \}. \quad (27)$$

Саме координати x_0 і y_0 і визначають положення на площині активного транспортного вузла $M_0(x_0^*; y_0^*)$.

Уточнено підхід до структурної оптимізації регіонально рівня складної виробничої системи, сутність якого полягає в наступному. Регіональний рівень формується на основі сукупності кластерів і забезпечує цілісність усієї мережі. Головним принципом формування цього рівня є мінімізація загальної довжини усіх транспортних шляхів, що знижує витрати на їх створення та експлуатацію шляхів та транспортних засобів.

Враховуючи що транспортні вузли кластерів можуть бути активними, пасивними чи зовсім відсутні на місцевому рівні процедуру послідовного об'єднання окремих кластерів в єдину транспортну мережу слід виконувати на підставі порівняльного аналізу різних варіантів з урахуванням головного принципу.

У четвертому розділі розглянуто метод формування транспортного коридору на основі об'ємів перевезень і експлуатаційних витрат. Формування транспортних коридорів має декілька цілей і у тому числі: технічні, економічні, соціально-політичні та екологічні. На рис.10 представлена транспортна мережа території Y з постачальниками і споживачами 1-6 та точками перетину через кордон A і B .

Кожен постачальник має певні ресурси Q_{Mi} які треба вивезти з даної території в певний час. Тобто потік має інтенсивність λ_i і додатково наповнює транспортний коридор по якому вже переміщується вантажопотік Q з інтенсивністю λ .

Територія Y вже має транспортну структуру з певними ділянками доріг, визначених як транспортний коридор, і альтернативними.

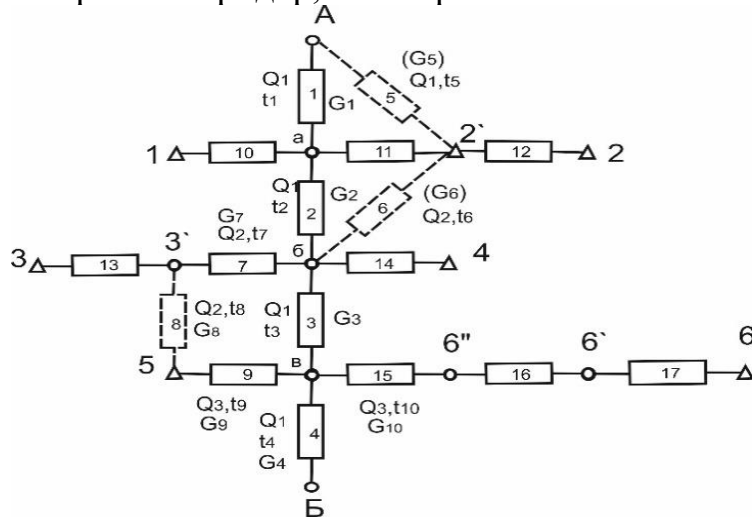


Рисунок 10 – Схема транспортної мережі території Y

В якості характеристики ефективності експлуатації системи обрано інтегральний показник, до якого входять відносні величини у нормованому вигляді. Визначається цей показник як

$$\sum_{i=1}^n C_i = F(U; \lambda; Q; G; M), \quad (28)$$

де $U = C_1 + U_2$,

C_1 - витрати, пов'язані з експлуатацією транспортних засобів;

U_2 - витрати пов'язані з експлуатацією дорожньої інфраструктури;

λ – інтенсивність завантаження виробничої системи;

Q – обсяг перевезених вантажів окремих клієнтів (споживачів, постачальників);

G – обсяг транспортної роботи системи (потужність споживача, постачальника);

M – втрати від забруднення навколишнього середовища на переміщення транспортного засобу.

$$C_1 = F(U) = F\left\{\sum_i Z_i\right\}. \quad (29)$$

де $F\left\{\sum_i Z_i\right\}$ - функція управління рухом транспортного засобу ділянками з різним профілем.

Визначення цієї функції виконується за допомогою функцій Беллмана для задачі динамічного програмування.

$$F\left\{\sum_{i=0}^{n-1} Z_i\right\} = \sum_{i=0}^{n-1} Z_i \{x(i); x(i+1)\} \rightarrow \min \quad (30)$$

$$x(i+1) = f\{x(i), v(i)\}$$

$$x(i) \in X_i; v_i \in \mathfrak{V}_i$$

$$X = 0, 1 \dots n-1$$

Для визначення втрат U_2 введено:

$G = Q \cdot l$, ткм – транспортна робота;

P – продуктивність ділянки, $P = \frac{Q \cdot l}{t}$, ткм/год;

Q – обсяг вантажу, що перевозиться, т;

q – пропускна здатність ділянки, $q = \frac{Q}{t}$, т/год.

$$G_1^i + G_2^i + G_3^i + G_4^i = \sum_{\varepsilon} \sum_n \sum_a G_n^i. \quad (31)$$

Транспортна робота виконана на альтернативному маршруті може бути прийнятною в певних умовах (при обслуговуванні попутних клієнтів, за погодними умовами та ін.)

$$G_5^{j1} + G_6^{j1} + G_7^{j1} + G_8^{j1} + G_9^{j1} + G_{10}^{j1} = \sum_{\varepsilon} \sum_n \sum_a G_n^{j1}. \quad (32)$$

де $j1$ – ділянки, які входять до першого альтернативного маршруту.

$$G_1^{j2} + G_2^{j2} + G_7^{j2} + G_8^{j2} + G_9^{j2} + G_{10}^{j2} = \sum_{\varepsilon} \sum_n \sum_a G_n^{j2}. \quad (33)$$

$$G^{jk} = \sum_b \sum_n \sum_a G_n^{jk}$$

де k – номер альтернативного маршруту.

$$G_n = \sum_n q_n^{\pm} \quad (34)$$

де q_n^\pm – сумарний обсяг транспортної роботи на кожній n-й ділянці системи в умовно прямому і зворотному напрямках.

Якщо показник вартості перевезення вантажу по «n» ділянці прийняти C_n , то перевезення по ділянці транспортного коридору визначається за формулами.

$$U_i = \sum_{\epsilon} \sum_n \sum_a G_n^i \cdot C_n^i ; \quad U_{j1} = \sum_{\epsilon} \sum_{j1} \sum_a G_n^{j1} \cdot C_n^{j1} ; \quad U_{j2} = \sum_{\epsilon} \sum_{j2} \sum_a G_n^{j2} \cdot C_n^{j2} \quad (35)$$

$$U_{j3} = \sum_{\epsilon} \sum_{j3} \sum_a G_n^{j3} \cdot C_n^{j3} ; \quad U_n = \sum_n \sum_a q_n^\pm \cdot C_n ; \quad U_{mk} = U_i + \sum_n U_n ; \quad U_m = U_{jk} + \sum_n U_n$$

Режим руху значно впливає на ефективність експлуатації транспортних засобів, тому що швидкість, як головний показник руху, залежить від багатьох факторів, а головне від кривизни траси. З метою мінімізації шкідливого впливу цього фактору удосконалено модель стійкості транспортного засобу та припустимої швидкості руху по дорозі з криволінійними ділянками.

На (рис.11) наведено схему навантаження транспортного засобу при його руху.

Поперечна стійкість транспортного засобу

$$\sum M_n \leq M_{y\partial} \cdot k_3 \quad (36)$$

де $\sum M_n$ – сума перекидуючих моментів;

$M_{y\partial}$ – утримуючий момент;

k_3 – коефіцієнт запасу поперечної стійкості.

$$\sum M_n = P_y \cdot H_{ym} + P_e \cdot h_e \quad (37)$$

$$M_{y\partial} = Q \left(\frac{B}{2} - \Delta B \right). \quad (38)$$

Визначивши усі параметри, отримали формулу припустимої швидкості руху в залежності від: загальної ваги транспортного засобу $Q_{m.c.}$; вантажу Q_{zp} ; ширини опорного контуру B ; висоти загального центру ваги H ; висоти вітрового навантаження h_B ; вітрового навантаження P_B ; зміщення центру ваги при руху ΔB ; та коефіцієнту вертикальної динаміки k_∂ ; коефіцієнту зниження швидкості від інтенсивності нарощування поперечної інерційної сили при проходженні кривих k_p ; R – радіусу повороту на ділянці; Q – суми ваги транспортного засобу та вантажу.

$$V = \sqrt{\frac{Q \left(\frac{B}{2} - \Delta B \right) \cdot 0,5 - P_e \cdot h_e}{H_{ym} \cdot k_\partial \cdot Q}} \cdot R \cdot k_p. \quad (39)$$

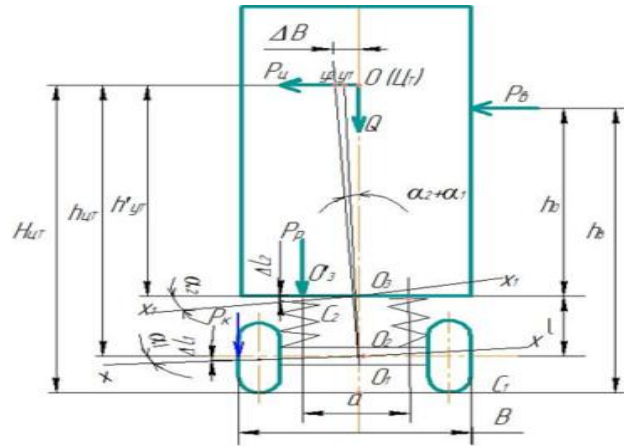


Рисунок 11 – Схема навантаження транспортного засобу під час руху.

Крім швидкості руху важливою складовою інтегрованого критерія ефективності є інтенсивність завантаження системи λ .

Транспортна мережа (рис. 10) території розглядається як багатофазна система масового обслуговування. Вона складається з багатьох елементів транспортної мережі з різними обслуговуючими елементами (таможня, кордонні переходи, заправки, карантинні служби, пункти харчування та обслуговування транспортних засобів і т. ін.). Загальний час проходження транспортним засобом вибраного шляху по транспортному коридору складає

$$T = \sum_{i=1}^n T_i + \sum_{n=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ni} \cdot \quad (40)$$

де T_i – час пересування по i -й ділянці дороги без зупинок з обраною або встановленою швидкістю;

n – число ділянок дороги;

t_{ni} – час обслуговування транспортного засобу на i -му пункті n -ї ділянки дороги.

Для таких систем з багатоваріантними законами розподілу вхідного потоку транспортних засобів підходить використання закону розподілу Ерланга.

$$t_i = \frac{a_S^2 \cdot \varphi_S (v_{всС}^2 + v_{обС}^2)}{2S \mu_S (1 - a_S) [1 - (1 - a_S) v_{всС}^2]} + \frac{1}{\mu_S} + \frac{a_K^2 (v_{всК}^2 + v_{обК}^2)}{2\mu_K (1 - a_K) [1 - (1 - a_K) v_{всК}^2]}, \quad (41)$$

де μ_K і μ_S – інтенсивності обслуговування одним каналом, при повній його зайнятості та апаратом обслуговування відповідно;

a_K – коефіцієнт завантаження каналу $a_K = \frac{\lambda}{m \mu_K}$;

m – число обслуговуючих каналів;

a_S – коефіцієнт завантаження обслуговуючого апарату;

$v_{вс}$ і $v_{об}$ – коефіцієнти варіації інтервалів вхідного потоку (прибуття) і часу обслуговування відповідних «клієнтів».

φ_S – коефіцієнт, який для СМО такого типу, при числі обслуговуючих апаратів $1 \leq S \leq 4$, можна визначити з використанням залежності.

$$\varphi_S = \frac{S^2 \cdot a^2}{(S-1)(S-2) + a(2S + Sa - 2)} \quad (42)$$

При реалізації поставок вантажів по транспортним коридорам з використанням морського транспорту важливим є час простою судна під вантажно-розвантажувальними операціями. Зменшення цього часу підвищує ефективність коридору.

Для цього розроблена модель взаємодії залізниці і порту яка після виконання певних умов і розрахунків має кінцевий вигляд

$$I = \sum_{a,v} \sum_{f_1, f_2}^y C_{av} n_{af_1, v f_2} + \sum_v Z_v \sum_{f=1}^T \left[\max \left(0; \sum_{f_1}^T N_{v f_2} - \sum_a \sum_{f=1}^T n_{a f_1, v f_2} \right) \right] \quad (43)$$

де a – ділянки (станції), які постачають, порожні вагони.

v – ділянки які споживають (вантажні фронти завантаження порту) порожні вагони.

f_1, f_2 – залишок порожніх вагонів у порту після здвоєних операцій за першу, другу і т. ін. T доби.

Q_{af1} – об'єм завантаження вагонів (підсумковий об'єм вантажу що перевозиться).

C_{av} – витрати на переміщення порожніх вагонів між ділянками «а» і «в».

Z_v – збитки у користувача V через недопоставку одного вагону.

$n_{af1, af2}$ – кількість порожніх вагонів, які направляються зі станцій «а» до пункту завантаження «в» за добу f_1 з метою забезпечення добового завантаження у наступну добу f_2 .

$N_{v f_2}$ – потреба в вагонах на вантажному фронті порту j -ї доби f_2 ($f_2 = 1, 2, \dots, T$).

Математична модель і цільова функція « I » враховує і додаткові витрати від затримки навантаження чи вивантаження судна через недопоставку порожніх вагонів з різних дільниць. У такій постановці ця задача може бути вирішена з використанням метода «транспортної задачі» матричним чи мережевим способом. Таким чином запропонована математична модель для оптимізації витрат на подачу порожніх вагонів у порт для вивантаження судна за «прямим варіантом» в запланований період часу з різних станцій.

Вирішуючи задачу формування та наповнення транспортних коридорів важливо знати і прогнозувати потенціал транспортних коридорів України, з участю морських перевезень. Як показали дослідження Україна в Європі має найбільший транзитний потенціал – 3,75, Польща – 2,92.

Потенційна місткість транспортного ринку України оцінюється у 30 млрд. USD і щоб сповна реалізувати свій транзитний потенціал держава повинна перевозити транспортними коридорами з участю морських перевезень близько 30-40% об'ємів вантажів.

П'ятий розділ. У зв'язку з лідируючою роллю залізничного транспорту у перевезенні вантажів в складних виробничих системах розглянуто моделювання і оптимізація параметрів верхньої будови залізничних колій. Оскільки у транспортний коридор, згідно розглянутого у 2 і 3 розділах, може попасти будь який елемент шляху і для пропуску по ньому великовагових, довгомірних та негабаритних вантажів треба-перевірити і оцінити деякі міцнісні та габаритні параметри залізничної колії. Для цього розроблено метод перевірки вписування транспортерів з балансирними та безбалансирними візками у проблемні місця системи, а також визначення динамічного навантаження, а саме :

$M_{\text{дин}}$ – ізгібаючого моменту у рейках, $Q_{\text{дин}}$ – поперечних, сил, та $Z_{\text{дин}}$ – прогибів рейок.

$$\begin{aligned} M_{\text{дин}} &= \frac{1}{4K} \left(P_{\text{РАСЧ}} + \sum \bar{P} \mu_i \right) k_g \\ Q_{\text{дин}} &= \frac{k_1 l}{2} \left(P_{\text{РАСЧ}} + \sum \bar{P} \eta_i \right) k_g \\ Z_{\text{дин}} &= \frac{k}{2U_Z} \left(P_{\text{РАСЧ}} + \sum \bar{P} \eta_i \right) k_g \end{aligned} \quad (44)$$

де k_g – коефіцієнт відносної жорсткості підстави і рейки;

$P_{\text{РАСЧ}}$ – розрахункове навантаження на вісь;

$\sum \bar{P} \mu_i$ і $\sum \bar{P} \eta_i$ – сили, які замінюють задану систему вантажів еквівалентним одиночним вантажем, що дорівнює $\sum \bar{P} \mu_i$ – для визначення моментів M , і рівним $\sum \bar{P} \eta_i$ – для визначення прогинів Z і поперечних сил Q .

l – відстань між осями шпал;

Одним із способів зниження експлуатаційних витрат на обслуговування залізничної колії є ресурсозбереження, а головним елементом колії є рейки.

Якщо їх періодично міняти містами, тобто з більш завантажених колій на менш завантажені то можливо продовжити термін їх використання. Але це пов'язано з необхідністю стикувати рейки різних марок, а при цьому різко змінюється лінійна жорсткість рейкової нитки у місті стику. Це в свою чергу викликає значні вертикальні динамічні сили і зниження дозволеної швидкості руху рухомого складу.

Для зменшення впливу цього явища необхідно визначити параметри деформації рейки у містах стику та вибрати жорсткість підрейкової основи. Вирішення цієї задачі полягає в визначенні взаємодії колеса рухомого складу і рейковому шляху зі ступінчастою жорсткістю, який лежить на Вінклеровій основі.

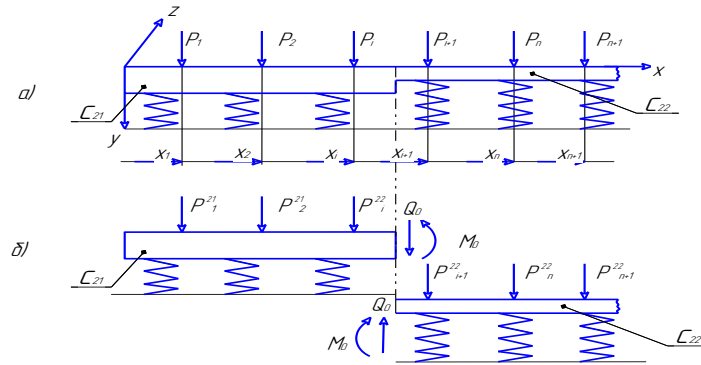
Для спрощення моделі розглянуто одну рейкову нитку яка складається із рейок різних марок і різної лінійної жорсткості. Навантаження від колес передається на рейки і через шпали на баластний шар, який можна представити у вигляді Вінклерової основи. Схема такої системи наведено на (рис. 12).

Поведінка такої рейкової нитки може бути описана диференціальним рівнянням

$$EI_2 \frac{d^4 U^2(x)}{dx^4} + \left[C_{21} + (C_{22} - C_{21})_-(x - x_k) \right] \cdot U^2(x) = - \sum_{i=0}^{n+1} R_i \delta(x - x_i). \quad (45)$$

Рішення рівняння (45) базується на розсіченні балки у точці X_k (крапка поєднання двох частин балки різної жорсткості) і подальший розрахунок двох напівнескінчених балок які лежать на упругій основі постійної жорсткості при виконанні умов.

$$\left. \begin{aligned} U_{21}(x_k) &= U_{22}(x_k); \\ \frac{dU_{21}(x_k)}{dx} &= \frac{dU_{22}(x_k)}{dx}. \end{aligned} \right\} \quad (46)$$



а) – балка із ступінчастою зміною лінійної жорсткості C_{21} , C_{22} на пружній основі; б) – балка постійної лінійної жорсткості на пружній основі C_{21} , C_{22}

Рисунок 12 – Схема балки змінного перерізу на пружній основі:

Використовуючи метод інтегрального перетворення Лапласа для кожної ділянки балки отримаємо.

$$\frac{d^4 U}{dx_4} + 4\alpha^4 U = \frac{P_i}{E_1 I_1} \cdot \delta(x - x_i), \quad (47)$$

$$\frac{d^4 U}{dx_4} + 4\alpha^4 U = \frac{P_i}{E_2 I_2} \cdot \delta(x_i - x). \quad (48)$$

де $\alpha^4 = 1/4 \cdot K_2/EI_2$

K_2 - жорсткість пружної основи, Н/м²;

E - модуль пружності балки (рейки) Н/м²;

U – прогин рейки

$EI_{(1,2)}$ – жорсткість ділянок 1 і 2 рейкової балки Н/м²;

$\delta(x_i - x)$ – функція Дірака, визначена в точці x_i .

Застосувавши для (48) як до більш слабкої частини балки, пряме перетворення Лапласа.

$$F(x) = \int_0^{\infty} e^{-st} U(t) dt$$

$$S^4 F(s) - U(0)S^3 - U'(0)S^2 - U''(0)S - 4\alpha^4 F(s) = \sum_i \frac{P_i}{EI} e^{-sx_i}. \quad (49)$$

$$F(s) = U(0) \frac{S^3}{S^4 + 4\alpha^4} + U'(0) \frac{S^2}{S^4 + 4\alpha^4} +$$

$$+ U''(0) \frac{S}{S^4 + 4\alpha^4} + U'''(0) \frac{1}{S^4 + 4\alpha^4} + \sum_i \frac{P_i}{EI} e^{-sx_i}. \quad (50)$$

Виконавши деякі перетворення та використавши взаємні зв'язки між перерізуючими силами і моментами в точці з'єднання балок (рельсів) різної жорсткості, а також похідними від переміщення балки дозволяє визначити згадані вище моменти і сили.

$$M(x) = -EI \frac{d^2 U(x)}{dx^2} \rightarrow M(0) = -EI \cdot U''(0), \quad (51)$$

$$Q(x) = -EI \frac{d^3 U(x)}{dx^3} \rightarrow Q(0) = -EI \cdot U'''(0).$$

Використовуючи рівняння (50) формула для вигину балки прийме вид.

$$U(x) = U(0) \cdot B_1(x) + U'(0) \cdot B_2(x) + \frac{1}{EI} \left[-M(0) \cdot B_3(x) - Q(0) \cdot B_4(x) + \sum_i P_i B_4(x_i - x) \right] \quad (52)$$

Довільні постійні $U(0), U'(0), M(0), Q(0)$ які входять у рівняння (52) визначаються з граничних умов.

Таким чином для напівнескінченої балки меншої жорсткості c_{22} (рис. 12) рівняння (52) прийме вигляд.

$$U_{22}(x_2) = U(0) \cdot B_1(x_2) + U'(0) \cdot B_2(x_2) + \frac{1}{EI_2} \left[-M(0) \cdot B_3(x_2) - Q(0) \cdot B_4(x_2) + \sum_i P_i^{22} B_4(x_2 - x_2^i) \right]. \quad (53)$$

Для другої напівнескінченої балки (рейки) (рис. 12) більшої жорсткості c_{21} рівняння (50) матиме вигляд.

$$U_{21}(x_2) = U(0) \cdot B_1(x_1) + U'(0) \cdot B_2(x_1) + \frac{1}{EI_1} \left[-M(0) \cdot B_3(x_1) - Q(0) \cdot B_4(x_2) + \sum_i P_i^{21} B_4(x - x_1^i) \right]. \quad (54)$$

Виконав ще кілька перетворень і рішень, визначено початкові параметри виражені у явному вигляді через зосереджені сили P_i^{21} та P_i^{22} .

$$\begin{cases} Q(0) = \frac{1}{\Delta} \cdot \left[\sum_{i=0}^S P_i^{21} (G_{22} \phi_{21}^i - G_{12} g_{21}^i) - \sum_{i=S+x}^{n+1} P_i^{22} (G_{22} \phi_{22}^i - G_{12} g_{22}^i) \right] \\ M(0) = \frac{1}{\Delta} \cdot \left[\sum_{i=0}^S P_i^{21} (G_{12} \phi_{21}^i - G_{11} g_{21}^i) - \sum_{i=S+x}^{n+1} P_i^{22} (G_{12} \phi_{22}^i - G_{11} g_{22}^i) \right] \end{cases} \quad (55)$$

Використав параметри $Q(0)$ та $M(0)$ і виконав ще деякі перетворення отримаємо.

$$U_{22}(0) = \frac{1}{2EI_2 \Delta} \cdot \left\{ \sum P_i^{21} \left[-\phi_{21}^i \left(\frac{G_{22}}{\alpha_{22}^3} + \frac{G_{12}}{\alpha_{22}^3} \right) + q_{22}^i \left(\frac{G_{12}}{\alpha_{22}^3} + \frac{G_{11}}{\alpha_{22}^3} \right) \right] + \sum P_i^{22} \left[\phi_{22}^i \left(\frac{G_{22}}{\alpha_{22}^3} + \frac{G_{12}}{\alpha_{22}^3} - \Delta \right) + q_{21}^i \left(\frac{G_{12}}{\alpha_{22}^3} + \frac{G_{11}}{\alpha_{22}^3} \right) \right] \right\} \quad (56)$$

$$U'_{22}(0) = \frac{1}{2EI_2 \Delta} \cdot \left\{ \sum P_i^{21} \left[\phi_{21}^i \left(\frac{G_{22}}{\alpha_{22}^2} + \frac{2G_{12}}{\alpha_{22}^2} \right) - q_{21}^i \left(\frac{G_{12}}{\alpha_{22}^2} + \frac{2G_{11}}{\alpha_{22}^2} \right) \right] + \sum P_i^{22} \left[-\phi_{22}^i \left(\frac{G_{22}}{\alpha_{22}^2} + \frac{2G_{12}}{\alpha_{22}^2} - \Delta \right) - q_{22}^i \left(\frac{G_{12}}{\alpha_{22}^2} + \frac{2G_{11}}{\alpha_{22}^2} - \Delta \right) \right] \right\} \quad (57)$$

$$U'_{21}(0) = \frac{1}{2EI_1 \Delta} \cdot \left\{ \sum P_i^{21} \left[-\phi_{21}^i \left(\frac{G_{22}}{\alpha_{21}^2} - \frac{2G_{12}}{\alpha_{21}^2} \right) + q_{21}^i \left(\frac{G_{12}}{\alpha_{22}^2} - \frac{2G_{11}}{\alpha_{21}^2} + \Delta \right) \right] + \sum P_i^{22} \left[\phi_{22}^i \left(\frac{G_{22}}{\alpha_{21}^2} - \frac{2G_{12}}{\alpha_{21}^2} \right) - q_{22}^i \left(\frac{G_{12}}{\alpha_{21}^2} - \frac{2G_{11}}{\alpha_{21}^2} \right) \right] \right\} \quad (58)$$

$$\left(\frac{1}{\alpha_{21}} + \frac{1}{\alpha_{22}} \right) = G_{22}; \quad G_{11} \cdot G_{22} - G_{12}^2 = \Delta$$

$$\left. \begin{aligned} \phi_{21}^i &= \frac{1}{\alpha_{21}^3} e^{-\alpha_{21} x_1^i} \cos \alpha_{21} x_1^i; \\ q_{21}^i &= \frac{1}{\alpha_{21}^2} e^{-\alpha_{21} x_1^i} (\cos \alpha_{21} x_1^i - \sin \alpha_{21} x_1^i); \\ \phi_{22}^i &= \frac{1}{\alpha_{22}^3} e^{-\alpha_{22} x_2^i} \cos \alpha_{22} x_2^i; \\ q_{22}^i &= \frac{1}{\alpha_{22}^2} e^{-\alpha_{22} x_2^i} (\cos \alpha_{22} x_2^i - \sin \alpha_{22} x_2^i) \end{aligned} \right\} \quad (59)$$

При переміщенні сили Р по рейці змінної жорсткості, яка лежить на пружній основі, з ділянки напівнескінченої балки з більшою жорсткістю на ділянку з меншою жорсткістю після скачка навантаження відбувається затухання збурення при віддаленні від січення яке розглядається.

Використовуючи функції Крилова отримаємо параметри деформації балки при затухаючих коливаннях.

Як що величина ΔC відносно невелика то можливо скористуватися методом малого параметра. Диференційне рівняння, яке описує пружно-деформований стан балки меншої жорсткості при стрибкоподібній її зміні, яка лежить на пружній основі має вид.

$$EI_2 \frac{d^4 U^2}{dx^4} + c_{22} \left[1 + \varepsilon \right]^{-} (x - x_k) U^2(x) = -\sum P_i \delta(x - x_i) \quad (60)$$

де $\varepsilon = c_{21} - c_{22} / c_{22}$

Зробивши деякі перетворення отримаємо систему диференціальних рівнянь

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^4 U_0^2}{dx^4} + 4\alpha^4 U_0^2(x) &= -\frac{1}{EI_2} \sum P_i \delta(x - x_k) = 0; \\ \frac{d^4 U_1^2}{dx^4} + 4\alpha^4 U_1^2(x) &= -4\alpha^4 \left[\right]^{-} (x - x_k) U_0^2(x); \\ \frac{d^4 U_2^2}{dx^4} + 4\alpha^4 U_2^2(x) &= -4\alpha^4 \left[\right]^{-} (x - x_k) U_1^2(x), \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

$$\alpha^4 = \frac{1}{4} \frac{c_2}{EI_2}$$

Таким чином розроблено узагальнену модель системи в сполучній постановці рейкового шляху і пружної основи з навантаженням від колес рухомого складу, яка дозволяє визначити пружно-деформований стан у складових частинах складної системи.

Узагальнену модель можливо використовувати для різних конструкцій рухомого складу, рейкового шляху та різних типів пружної підрейкової основи (яка моделюється Вінклеровою основою).

У шостому розділі розглянуто питання формування інфраструктури для обробки матеріальних потоків. Розглянуто зовнішні та внутрішні вантажопотоки України.

Особливу роль інфраструктури для України визначається тим, що економіка держави транспортно-затратна. Так, щоб заробити один умовний долар ВВП, в Україні, у середньому, треба виробити 6 ткм вантажу. В той же час у Євросоюзі цей показник складає 0,3 ткм, тобто у 20 разів менше. Доля транспорту і зв'язку у ВВП держави складає 13%.

Як показали дослідження дуже ефективною є обробка і пропуск транзитних вантажів. Так одна тонна надає приблизно 174 грн. чистого прибутку. Ввезення і вивезення з країни дають приблизно 74 грн. за тону. Тому очевидним є створення умов для притягання транспортних вантажопотоків і формування місцевих, для їх пропуску через обладнанні відповідним чином територіально-виробничі утворення на прикордонних територіях у вигляді логопарків, де є всі необхідні державні структури з обох сторін кордону (таможні та кордонні служби, банки, страхові компанії, карантинні служби і т. ін.).

Враховуючи резерви провізної і пропускної спроможності, Україна має усі технічні і технологічні можливості для пропуску додаткових об'ємів вантажопотоків і отримати такі необхідні валютні надходження в державний бюджет.

Аналіз стану мережі транспортних коридорів України, особливо на прикордонних територіях, свідчить, що транспортна мережа за кількісними показниками та пропускній спроможності в цілому відповідає вимогам для додаткового транзиту на території України, а по якісним характеристикам (швидкість, збереження вантажів, інформаційне забезпечення, стан прикордонної інфраструктури, комфортність і сервіс на шляхах, процедури перетину кордону) не досягають рівня Європейських стандартів. Тому на державному кордоні чи поблизу його у містах проходження коридорів доцільно створювати логопарки.

У зв'язку з цим розроблено метод і алгоритм створення логопарку, який складається з декількох етапів:

- Перший етап це вибір і характеристика підприємств учасників проекту;
- Другий етап полягає у визначенні інвестиційної ідеї та її характеристики;
- Третій етап це оцінка ринкового середовища, тобто потенційних клієнтів, які будуть користуватися послугами логопарку, з аналізом їх географічного та фінансового стану;
- Четвертий етап складають маркетингові дослідження і побудова маркетингового плану перспективного розвитку логопарку;
- П'ятий етап полягає в розробці виробничого плану реалізації інвестиційного проекту. На цьому етапі розглядаються проекти будівництва об'єктів загального користування, об'єктів потенційних клієнтів (виробничі цехи, складські термінали), об'єкти інфраструктури, сервісних центрів і т. інш, з урахуванням об'ємів послуг;
- Шостий етап передбачає розробку фінансового плану і програму інвестицій базуючись на результатах аналізу попередніх етапів. На цьому етапі доцільно визначити середній показник ефективності по логопарку з урахуванням капіталовкладень усіх учасників.
- Сьомий етап полягає в аналізі ризиків реалізації проекту. Найбільш значимий ризик проекту обумовлений загальною ситуацією в державі (політичною, фінансовою, перспективою розвитку економіки і т. інш.).
- На восьмому етапі розглядається соціально-економічні аспекти реалізації бізнес плану. Суть аспекту полягає в тому що зі збільшенням вантажопотоку збільшується число робочих місць, розвивається інфраструктура наближених територій та їх економічний і культурний розвиток.

У сьомому розділі розглянуто питання оцінки та шляхів зниження витрат від забруднення оточуючого середовища при функціонуванні систем трубопровідного та автомобільного транспорту, як таких, що за ступенем ризику завдання шкоди оточуючому середовищу є найбільш небезпечними. Однією з важливих задач експлуатації транспорту є зниження шкідливого впливу транспортної інфраструктури на оточуюче середовище.

При експлуатації автотранспорту головним негативним фактором є шкідливі викиди відпрацьованих газів. Розмір викидів залежить від об'ємів спаленого в двигунах палива.

Для вирішення задач оптимізації параметрів транспортних засобів треба врахувати три аспекти охорони оточуючого середовища. Перший – це зниження витрат палива. Другий – це забруднення повітря та прилеглої території. Третій – це створення комфортного середовища мешкання в населених пунктах і протягом усієї траси.

Рішення задач першого аспекту можна досягти різними шляхами. Головний з них це повнота реалізації технічних характеристик транспортного засобу, які сприяють скороченню часу проходження ділянок траси при мінімізації витрат палива. Чим швидше на більшій швидкості транспортний засіб проходить ділянку при оптимальному режимі, тим менше шкідливих викидів на ній залишається. Зараз швидкість руху регулюється дорожніми знаками в залежності від категорії траси, території її проходження та інших дорожніх умов. Такий адміністративний метод регулювання спрямований лише на забезпечення безпеки руху і не враховує екологічного аспекту, і не сприяє реалізації оптимальних технічних параметрів транспортного засобу, а саме тих режимів, які оптимізують витрати палива, тобто швидкість, крутний момент і потужність двигуна.

Аналіз швидкісних характеристик двигунів різних автомобілів показав, що найбільш економічний режим за витратою палива збігається з максимальним крутним моментом за числом обертів. При цьому швидкість їх руху на максимальній передачі значно перевищує дозволена швидкість на більшості трас. Оптимальна швидкість $V_{\text{опт}}$, яка забезпечує мінімальну витрату палива.

$$V_{\text{опт}} = V_{\text{max}} \cdot K_{\text{опт}} \quad (62)$$

де V_{max} – максимальна конструктивна швидкість автомобіля на максимальній передачі і жорсткому зв'язку двигуна з ведучими колесами.

$K_{\text{опт}}$ – коефіцієнт оптимізації (відносини обертів двигуна при максимальному крутному моменті до максимальних його обертів).

Оптимальні швидкості автомобілів у багатьох випадках перевищують 100 км/год.

Таким чином, для зменшення шкідливих викидів треба ввести динамічне регулювання швидкості де це можливо за обставинами та умовами. Для цього розроблено та запатентовано принципову схему системи об'єктів та пристроїв регулювання швидкості руху.

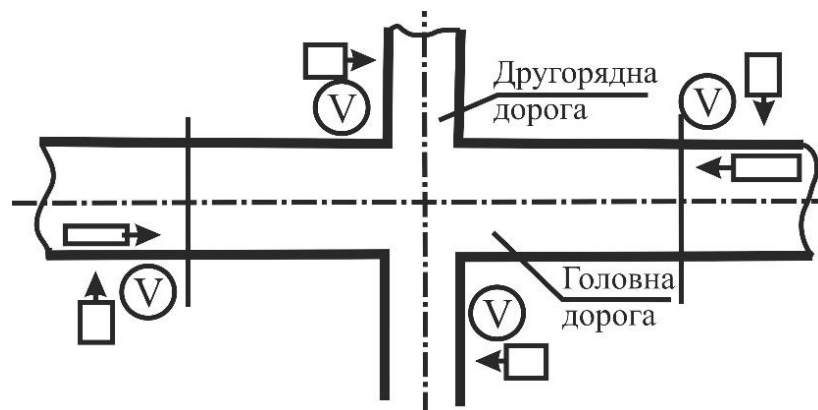


Рисунок 13 – Принципова схема системи, об'єктів і пристроїв регулювання швидкості руху на ділянці траси

Особливо великої шкоди задають системи трубопровідного транспорту при аварійних ситуаціях. Ефективність експлуатації трубопровідного транспорту полягає не тільки в тому, щоб доставити цільовий продукт в потрібне місце, в потрібному об'ємі та в потрібний термін, але і в зниженні експлуатаційних витрат, до яких входять і витрати на ліквідацію наслідків аварій та відновленням трубопровідних систем. Тому правильний розподіл експлуатаційного навантаження на окремі елементи системи та оцінка періодів їх обслуговування, як за часом, так і за витратами є питанням актуальним і потребує методичного забезпечення.

Для цього розроблено метод підвищення ефективності експлуатації трубопровідного транспорту, що дозволяє визначити коефіцієнт використання кожного елементу відновлюваних трубопровідних систем і відповідно розподілити витрати на підтримання їх у робочому стані. Суть його полягає в наступному. Якщо розглянути спрощену схему трубопровідної системи з трьох лінійних елементів то режим функціонування кожного з них характеризується потоком відмов і відновлень, які будуть визначати їх перехід в непрацюючий стан і навпаки. У таблиці 3 наведено імовірність можливого стану системи, а на (рис. 14) розмічений граф стану системи

Таблиця 3 – Позначення імовірностей можливих станів системи

Номер стану	1	2	3	4	5	6	7	8
Позначення стану	$A^+B^+C^+$	$A^+B^+C^-$	$A^+B^-C^+$	$A^+B^-C^-$	$A^-B^+C^+$	$A^-B^+C^-$	$A^-B^-C^+$	$A^-B^-C^-$
Імовірність перебування в даному стані	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8

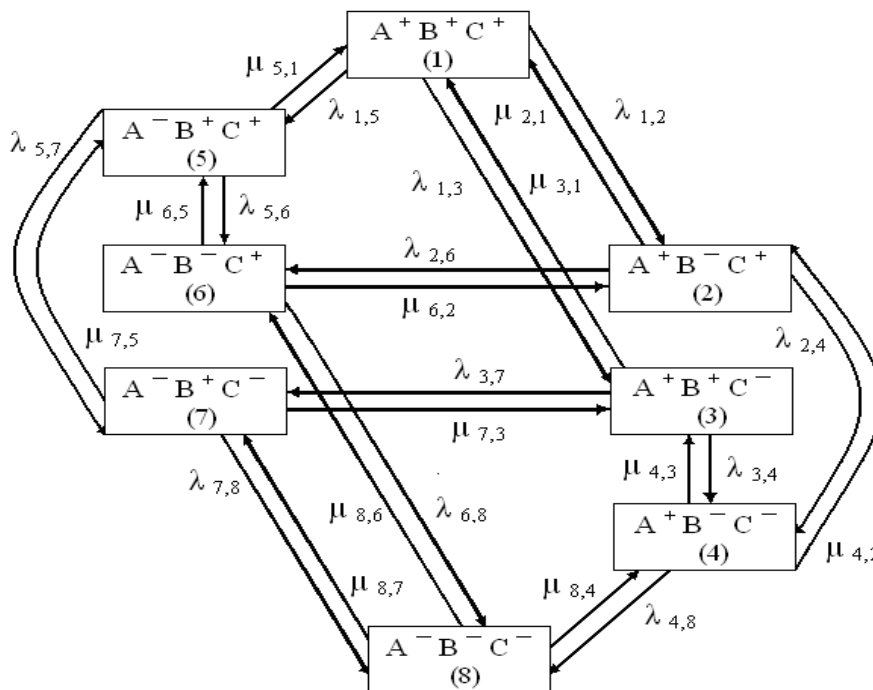


Рисунок 14– Розмічений граф станів трубопровідної системи

Для визначення ймовірності стану $P_k(t)$, ($k=1,2,\dots,8$) необхідно вирішити систему диференціальних рівнянь (63) при умові, що $\sum_{k=1}^8 P_k = 1$. В початковий момент $t=0$, коли всі елементи знаходяться в робочому стані.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_1(t)}{dt} - [\mu_{5,1}P_5(t) + \mu_{3,1}P_3(t) + \mu_{2,1}P_2(t) - (\lambda_{1,5} + \lambda_{1,3} + \lambda_{1,2})P_1(t)] = 0 \\ \frac{dp_2(t)}{dt} - [\lambda_{1,2}P_1(t) + \mu_{6,2}P_6(t) + \mu_{4,2}P_4(t) - (\mu_{2,1} + \lambda_{2,6} + \lambda_{2,4})P_2(t)] = 0 \\ \frac{dp_3(t)}{dt} - [\lambda_{1,3}P_1(t) + \mu_{7,3}P_7(t) + \mu_{4,3}P_4(t) - (\mu_{3,1} + \lambda_{3,7} + \lambda_{3,4})P_3(t)] = 0 \\ \frac{dp_4(t)}{dt} - [\lambda_{2,4}P_2(t) + \lambda_{3,4}P_3(t) + \mu_{8,4}P_8(t) - (\mu_{4,2} + \mu_{4,3} + \lambda_{4,8})P_4(t)] = 0 \\ \frac{dp_5(t)}{dt} - [\lambda_{1,5}P_1(t) + \mu_{7,5}P_7(t) + \mu_{6,5}P_6(t) - (\mu_{5,1} + \lambda_{5,7} + \lambda_{5,6})P_5(t)] = 0 \\ \frac{dp_6(t)}{dt} - [\lambda_{5,6}P_5(t) + \lambda_{2,6}P_2(t) + \mu_{8,6}P_8(t) - (\mu_{6,5} + \mu_{6,2} + \lambda_{6,8})P_6(t)] = 0 \\ \frac{dp_7(t)}{dt} - [\mu_{8,7}P_8(t) + \lambda_{5,7}P_5(t) + \lambda_{3,7}P_3(t) - (\lambda_{7,8} + \mu_{7,5} + \mu_{7,3})P_7(t)] = 0 \\ \frac{dp_8(t)}{dt} - [\lambda_{7,8}P_7(t) + \lambda_{6,8}P_6(t) + \lambda_{4,8}P_4(t) - (\mu_{8,7} + \mu_{8,6} + \mu_{8,4})P_8(t)] = 0 \end{array} \right. \quad (63)$$

$$p_1(0) = 1, \quad p_i(0) = 0 \quad (i = 2, 3, \dots, 8)$$

Для системи, яка розглядається, система лінійних рівнянь з метою визначення ймовірності P_i , буде мати вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{5,1}P_5 + \mu_{3,1}P_3 + \mu_{2,1}P_2 - (\lambda_{1,5} + \lambda_{1,3} + \lambda_{1,2})P_1 = 0 \\ \lambda_{1,2}P_1 + \mu_{6,2}P_6 + \mu_{4,2}P_4 - (\mu_{2,1} + \lambda_{2,6} + \lambda_{2,4})P_2 = 0 \\ \lambda_{1,3}P_1 + \mu_{7,3}P_7 + \mu_{4,3}P_4 - (\mu_{3,1} + \lambda_{3,7} + \lambda_{3,4})P_3 = 0 \\ \lambda_{2,4}P_2 + \lambda_{3,4}P_3 + \mu_{8,4}P_8 - (\mu_{4,2} + \mu_{4,3} + \lambda_{4,8})P_4 = 0 \\ \lambda_{1,5}P_1 + \mu_{7,5}P_7 + \mu_{6,5}P_6 - (\mu_{5,1} + \lambda_{5,7} + \lambda_{5,6})P_5 = 0 \\ \lambda_{5,6}P_5 + \lambda_{2,6}P_2 + \mu_{8,6}P_8 - (\mu_{6,5} + \mu_{6,2} + \lambda_{6,8})P_6 = 0 \\ \mu_{8,7}P_8 + \lambda_{5,7}P_5 + \lambda_{3,7}P_3 - (\lambda_{7,8} + \mu_{7,5} + \mu_{7,3})P_7 = 0 \\ \lambda_{7,8}P_7 + \lambda_{6,8}P_6 + \lambda_{4,8}P_4 - (\mu_{8,7} + \mu_{8,6} + \mu_{8,4})P_8 = 0 \end{array} \right. \quad (64)$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 - 1 = 0$$

де λ_{ij} – щільність потоку відмов при переході зі стану i в стан j ; μ_{ij}

μ_{ij} – щільність потоку відновлювань що переводить зі стану i в стан j ;

P_k – ймовірність стану системи ($k=1,2,\dots,8$).

Кількість можливих станів системи, пов'язано з кількістю трубопроводів S : $N = 2^S$. Тому розглянутий метод на практиці може бути реалізованим, якщо число трубопроводів не більше 7-8. Коли трубопроводів більше, треба розглядати окремо взятий лінійний елемент у складі якого присутня трубопровідна арматура.

З використанням імовірнісних методів доведено, якщо окрема ланка системи має n паралельно з'єднаних трубопроводів, то показник ефективності його функціонування

$$F = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \varphi_i, \quad (65)$$

де p_i – експлуатаційна надійність елемента;

φ_i – транзитний потенціал i елемента в режимі безвідмовного функціонування.

Якщо ланка має n послідовно об'єднаних елементів, то

$$F = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (66)$$

Якщо n лінійних елементів поєднані між собою послідовно, а у складі ланки є арматура, то коефіцієнт використання ланки.

$$K = \prod_{i=1}^n p_i \cdot \prod_j p_{i,j}, \quad (67)$$

де $p_{i,j}$ – надійність j -го елемента арматури поєднаної послідовно з i -м лінійним елементом.

Якщо ланка являє собою n - паралельно об'єднаних лінійних елементів, а в її складі є арматура, то

$$K = \sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot p_i \cdot \prod_j p_{i,j}. \quad (68)$$

Таким чином залежності (68) дозволяють визначити коефіцієнт використання окремих ланок системи і таким чином оцінити ефективність їх експлуатації з урахуванням надійності як лінійних елементів, так і трубопровідної арматури.

Запропоновано новий підхід до оцінки ефективності функціонування систем трубопровідного транспорту. Основу його складають послідовне використання методів схематизації, декомпозиції, оцінки ефективності функціонування окремих ланок за допомогою запропонованого показника. Він враховує надійність окремих елементів та характер розподілу транспортних потоків з наступною системною інтеграцією ланок на базі початкової структури. Це дозволяє визначити показник ефективності функціонування всієї системи та коефіцієнт її використання. Маючи ці дані можливо оцінити імовірні витрати на ліквідацію екологічних наслідків аварій та відновлення трубопровідних систем.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено наукову проблему розвитку теоретичних основ підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту з урахуванням особливостей їх використання в виробничих системах з різними видами транспорту, що дозволило визначити нові підходи до транспортного забезпечення в сучасних умовах.

1. У сучасних умовах економічної нестабільності й спаду виробництв окремих територій і держави в цілому необхідні пошуки альтернативних шляхів підтримки економічного балансу та підвищення ВВП, що може бути досягнуто різними шляхами. У даній роботі обраний найбільш універсальний шлях підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в системах з різними видами транспорту за критерієм економічної ефективності, оскільки перевізний процес забезпечує життєдіяльність будь-якої виробничої структури й витрати на нього становлять від 7% до 30% собівартості готової продукції. Враховуючи вищевикладене, а також розвиток інтеграційних процесів в основі яких також

лежать перевезення, виникає необхідність розробки нових підходів у формуванні, експлуатації й розвитку виробничих систем з різними видами транспорту.

2. Розроблено метод формування мережевої структури й структурного аналізу складних виробничих систем, в яких експлуатуються різні види транспорту, що дозволяє визначати їх рівневий склад і характеристики окремих рівнів. При цьому доведено, що властивості виробничих систем тісно пов'язані з їх структурою, яка відповідно до розробленої класифікації характеризується набором структурних індексів S_1, S_2, \dots, S_8 . Запропоновано метод визначення структурного індексу територіальної системи, що дозволяє визначити кількість структурних рівнів аналізованої системи. Системи з однаковими індексами й однаковими числом рівнів є структурно-подібними.

3. Розроблено метод структурування засобів транспорту та багаторівневих виробничих систем, які експлуатують різні види транспорту. Його відмінністю від подібних методів є те, що синтез структури на кожному з рівнів пов'язаний з використанням різних цільових функцій. Сутність методу полягає в розгляді завдання структурної оптимізації параметрів функціонування засобів транспорту в багаторівневих виробничих системах, так як це витікає з оптимізаційних підзадач місцевого, регіонального й міжрегіонального рівнів. Використання запропонованого методу на практиці дозволяє скоротити витрати на експлуатацію транспорту на місцевому рівні приблизно на 15 – 50%, загальну довжину транспортних шляхів задіяних на регіональному рівні – в 1,5 – 2,1 рази, а час просування вантажопотоків на міжрегіональному рівні знизити на 12 – 20 %.

4. Розроблено метод визначення економічного критерію ефективності функціонування засобів транспорту в виробничих системах, що ґрунтується на показниках декількох видів транспорту та дозволяє врахувати технічні характеристики транспортних засобів і параметри транспортної інфраструктури. Це дозволило отримати формалізований кількісний показник для об'єктивного порівняння ефективності експлуатації засобів транспорту в умовах складних виробничих систем.

5. Запропоновано метод структурної оптимізації міжрегіонального рівня системи вантажопотоків на базі транспортних шляхів, що забезпечують просування вантажопотоків по транспортних коридорах. Його відмінність полягає у тому, що на основі теорії масового обслуговування виконується вибір і оцінка параметрів руху автотранспортних засобів залежно від їх технічних характеристик, завантаження, параметрів траси й маршруту руху з урахуванням можливих затримок на різне обслуговування транспортного засобу. Це дозволяє обґрунтувати технічні характеристики і параметри транспортних засобів, що експлуатуються в умовах різних транспортних коридорів.

6. Розроблено метод моделювання параметрів верхньої будови залізничних колій, який дозволяє підвищити ефективність експлуатації транспорту за рахунок продовження терміну служби елементів залізничної колії і підвищення швидкості руху. Розроблено узагальнена модель системи в сполученій постановці рейкового шляху й пружної основи з навантаженням від

коліс рухомого складу, що дозволяє визначати напружено-деформований стан у складових частинах складної системи. Модель може застосовуватися для різних конструкцій рухомого складу, рейкового шляху й різних типів пружної підрейкової основи (яка моделюється вінклеровою підставою). Запропонована узагальнена модель вінклерової підстави дозволяє ефективно вирішувати наступні практичні завдання: визначення деформації рейки із пружним півпростором, вибрати його властивості жорсткості для збільшення швидкості руху на величину від 2,5 до 6 км/год; зменшення вертикальної динамічної складової сили, що виникає при переході колеса з рейки однієї твердості на рейку з іншою твердістю; продовження терміну служби рейок на величину до 7%.

7. Розроблено математичну модель взаємодії залізниці з морським портом при прямому перевантаженні судна, відмінність якої полягає у врахуванні роботи в умовах логопарку. Вона дозволяє скоротити витрати до 7% на подачу вагонів у порт з різних залізничних станцій у запланований період при врахуванні збільшення експлуатаційних витрат при недопоставці вагонів.

8. На основі аналізу зовнішніх і внутрішніх вантажопотоків України, а також їх джерел і напрямів запропоновано варіанти розвитку транспортних мереж і коридорів, які проходять через Україну. Удосконалена концепція створення та інтеграції мереж прикордонних територій складних виробничих систем, роблячи їх більш інвестиційно привабливими, а використання можливостей міжнародного коридору Європа-Азія та міждержавних транспортно-комунікаційних ланок забезпечить прискорення розвитку відповідної інфраструктури до 15%. Розроблено метод створення логопарку, як основної ланки транспортної обробки міжнародних вантажних потоків. Очікуваний економічний ефект від впровадження в межах ділянки Київ-Катовіце складає 920 тис грн на рік.

9. Розроблено метод, запропоновано технологію і обладнання для динамічного регулювання швидкості автотранспортних засобів, що дозволяє збільшити швидкість просування й більш повно реалізувати їх технічні характеристики. Встановлено, що через існуюче обмеження швидкостей руху автотранспортних засобів більшість їх працюють не в оптимальному режимі, тобто на оборотах не відповідних максимальному крутному моменту та мінімальній витраті палива, що призводить до додаткової витрати палива й надмірним шкідливим викидам в атмосферу. Підвищення швидкості руху на 10%, в залежності від його розміру, опосередковано дозволить зменшити витрати на експлуатацію на 3,55%.

10. В межах завдання зниження ризиків забруднення навколишнього середовища удосконалено метод оцінки ефективності функціонування трубопровідного транспорту, що на відміну від існуючих, враховує процеси старіння і руйнування елементів з екологічними наслідками. Це дозволило реалізувати новий підхід до оцінки ефективності функціонування відновлюваних систем трубопровідного транспорту. Розроблений метод дозволяє не тільки оцінювати ефективність функціонування відновлюваних трубопровідних мереж з великим числом структурних елементів, а і визначати коефіцієнт їх використання. Очікуваний економічний ефект від впровадження

вказаного методу в межах ділянки лінійної частини експлуатації нафтотранспортної системи АТ “Укртрансффта” складає 4,32 млн грн на рік за рахунок більш ефективного розподілу експлуатаційного навантаження на окремі елементи системи.

11. Дістала подальшого розвитку модель стійкості автомобільного транспортного засобу. Її відмінність полягає у визначенні припустимої швидкості транспортного засобу в кривих ділянках шляху в залежності від коефіцієнту зниження швидкості від інтенсивності нарощування поперечної інерційної сили при проходженні кривих. Це дозволило обґрунтувати раціональну швидкість руху для різних типів транспортних засобів, яка, з одного боку обмежується стійкістю транспортного засобу, а з іншого, необхідністю своєчасного транспортного обслуговування.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Tararychkin I., Nechaev G., Slobodyanyuk M. State value of pipeline transport systems if there is injury from external influence. *Transport problems*. – 2012. – Т. 7. – С. 43-52. (Журнал включено до НМБД **SCOPUS**)

2. Slobodyanyuk M., Gorobchenko O. Structural analysis of territorial transport systems based on classificationn methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. №. 1 (104). P. 23-32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194158> (Журнал включено до НМБД **SCOPUS**)

3. Mathematical modeling of an induction motor for vehicles. / S. Goolak, M. Slobodyanyuk, O. Gorobchenko, ect. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2020. №. 2 (105). P. 25-34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199559> (Журнал включено до НМБД **SCOPUS**)

4. Слободянюк М.Э. Концептуальные основы развития транспортных систем международных перевозок. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. №5(159) Ч.2. 2011. С. 74 - 77.

5. Слободянюк М.Е. Оптимізація витрат на пряме перевантаження судна в залізничні вагони у транспортному коридорі. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. 2012. №5(176) Ч.2. – С. 203 - 206.

6. Mathematical model of deformation of railway sleeper track structure with the step change of stiffness on the elastic winkler foundation of the constant stiffness / Maxim Slobodyanyuk, Anna Nikitina, Grigory Nechayev, Nataliya Rakovskaya. *Teka commission of motorization and energetic in agriculture*. 2013, vol. 14, №2., p. 152-164.

7. Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И., Грибиниченко М.В. Влияние тягово-скоростных характеристик автотранспортных средств на экологию. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. №4 (211) Ч.1. 2014. С. 11 - 16.

8. Slobodyanyuk M., Nechayev G., Kislitsin A. Methodics and algorithms for creation of intermodal logistics park. *Teka: commission of motorization and energetics in agriculture*. 2014. vol.14, No1, p. 248 – 266.

9. Slobodyanyuk M., Tararychkin I., Nechaev G. Structural analysis of an interregional transport network and assessment of capability for its multi-level optimization. *Teka Kom. Mot. i Energ. in Agric*, 2013, Vol. 13, No 4, p. 250 - 257.

10. Tararychkin I., Nechaev G., Slobodyanyuk M. Operation of the road transport network in the presence of various options of freight shipping by automobile transport. *Teka Kom. Mot. Energ. Roln.* 2013, vol. 13, No3, p. 235-238.

11. Методи і математичні моделі знаходження межі вантажомісткості акумулюючих обладнань з врахуванням економічних критеріїв прогресивності / Г.І. Нечаєв, О.Д. Омельченко, М.Е. Слободянюк, та ін. Вісник СХУ ім. В. Даля. №18(207) Ч.2. 2013. С. 130 – 137.

12. Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. Формирование транспортного коридора на основе объемов перевозок и эксплуатационных затрат. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2013. №6 Ч. 2. С. 9-17.

13. Тарарычкін І.А., Слободянюк М.Э. Определение конкурентоспособности различных маршрутов транспортировки при унимодальных грузовых перевозках. *Вісник ВХУ ім. В. Даля.* 2010. №4(146). Ч.1 С. 18-22.

14. Slobodyanyuk M., Kichkin A., Kichkina E. Information maintenance formalization of material flows in logistic systems. *Teka Kom. Mot. i Energ. Roln.* OL PAN, 2010, 10D, p. 148 -152.

15. Омельченко О.Д., Яновський П.О., Слободянюк М.Е. Принципи економіко-математичного моделювання для кількісних планових розрахунків і якісного аналізу транспортних об'єктів і систем. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2011. №4(158) Ч.2. С. 229-234.

16. Tararychkin I.A., Nechaev G.I., Slobodyanyuk M.E. Number of loaders optimization serving the warehouse complex of logistic system taking into account their repair. *Economic alternatives, Sofia.* 2011. Issue №1. p. 86 – 92.

17. Тарарычкін І.А., Слободянюк М.Э. Структурный анализ систем трубопроводного транспорта. *Трубопроводный транспорт (теория и практика).* 2011. №1(23). С. 36 – 38.

18. Слободянюк М.Э., Лапаева Е.Н. Анализ внешних транспортных потоков Украины. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2012. №6 (177) Ч. 1. С. 315-319.

19. Слободянюк М.Э., Омельченко А.Д. Оценка уровня динамических загрузок и эксплуатационной прочности технологических трубопроводов транспортных систем. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2012. №9(180) Ч.1. С. 254 - 256.

20. Слободянюк М.Э., Радченко Н.А. Проверка параметров железнодорожных подъездных путей для пропуска транспортёров с тяжеловесными и крупногабаритными грузами в транспортных коридорах. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2012. № 3 (174). Ч. 2. С. 81-87.

21. Слободянюк М.Э., Омельченко А.Д., Кужель Н. В. Оценка эффективности транспортных систем и комплексов на основе критериев прогрессивности. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2012. №12(183) Ч.2. С. 250 - 255.

22. Slobodyanyuk M., Gribinichenko M. Theoretical basis of automobile freight system with changeable trailers. *Teka Kom. Mot. i Energ. in Agric.* 2012. Vol. 12, Tom 3, p. 140 -142.

23. Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. Оценка времени прохождения грузопотока по транспортной сети. *Вісник СХУ ім. В.Даля.* 2013. №9 Ч.1. С. 245-248.

24. Тарарычкін І.А., Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. Особенности функционирования автодорожной транспортной сети при наличии альтернативных вариантов доставки грузов. *Вісник СХУ ім. В. Даля.* 2013. №5(194) Ч.2. С. 162 - 164.

25. Тарарычкін І.А., Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. Методы структурного анализа и синтеза территориальных транспортных систем. М: Горячая линия Телеком, 2016, 202 с.

Додаткові праці

26. М.Е. Слободянюк, Г.І. Нечаєв, М.В. Грибініченко Патент України №91540 МПК (2014) G08G 1/065. Пристрій для визначення максимально дозваної швидкості автомобіля. – опубл. 10.07.2014; Бюл.№13.

27. Тарарычкін І.А., Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. Анализ сетевой структуры и многопараметрическая оптимизация межрегиональных транспортных систем. *Тезисы 12^й международной научно-технической конференции «Наука-образованию, производству, экономике».* Минск. 2014 С.259-260.

28. Слободянюк М.Э., Лапаева Е.Н. Развитие транспортной инфраструктуры приграничья для взаимодействия с транспортными коридорами. *Актуальные проблемы экономики и управления на транспорте: Сб. материалов 3-й международной научно-практ. конференции (24 мая 2013 г.).* Владивосток. С.69-71.

29. Нечаев Г.И., Слободянюк М.Э. Модель прямой перегрузки судна в железнодорожные вагоны в транспортном коридоре. *Материалы Всероссийской научно-технической конференции « Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования» 10 - 13 апреля, 2012 г. Хабаровск.* С. 10 -14.

30. Tararychkin I.A., Nechaev G.I., Slobodyanyuk M. E. State value of pipeline transport systems if there is injury from external influence. *Transport Problems.* 2011. III international conference, Poland. P. 450 – 459.

31. Слободянюк М.Э., Лапаева Е.Н. Анализ внешних транспортных потоков Украины. *Матеріали III міжнародної науково-практ. конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики».* м. Євпаторія, 3-8 травня, 2012 р. С. 143 - 144.

32. Слободянюк М.Э., Нечаев Г.И. Пути снижения вредного воздействия транспортной инфраструктуры на окружающую среду. *Матеріали V міжнародної науково-практ. конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики».* м. Луганськ, 3-8 травня, 2014 . С. 23.

33. Карский В.О., Слободянюк М.Э. Использование кавитационного теплогенератора для очистки нефтешламов и сточных вод. *Матеріали V міжнародної науково-практ. конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики»*. м. Луганськ, 3-8 травня, 2014 . С. 113.

34. Нечаев Г.И., Слободянюк М.Э., Гуцало Б.П. Задачи развития транспортной инфраструктуры востока Украины. *Матеріали III міжнародної науково-практ. конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики»*. м. Євпаторія, 3-8 травня, 2012 р. С. 34 – 36.

35. Слободянюк М. Э., Лапаева Е.Н. Украинско-российский пограничный эксперимент международного автомобильного пункта пропуска «Дьяково – Куйбышево – 2». *Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конференції “Проблеми розвитку транспортних систем і логістики”*, м. Євпаторія, 14 – 16 травня, 2013р. С. 102 -103.

36. Горобченко О. М., Слободянюк М. Е. Визначення критерію оптимальності експлуатації засобів транспорту в складних системах. *Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конференції “Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування”*, м. Херсон, 8 – 10 вересня 2020 р. С. 48-49.

АНОТАЦІЯ

Слободянюк М.Е. Розвиток теоретичних основ підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». – Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, 2020.

Робота присвячена розвитку теорії підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах з різними видами транспорту на основі економічної ефективності.

В роботі на основі аналізу і особливостей функціонування та експлуатації засобів транспорту різних видів розроблено математичні моделі та методи побудови та переформування складних виробничих систем з використанням їх структурного індексу, що дозволяє визначити кількість структурних рівнів системи яка розглядається. В роботі доопрацьовані теоретичні основи технології зниження шкідливого впливу на оточуюче середовище від експлуатації автомобільних транспортних засобів. Запропоновано метод моделювання параметрів верхньої будови залізничних колій для пропуску великовагових та великогабаритних вантажів.

В роботі дістала подальшого розвитку модель стійкості автомобільного транспортного засобу та припустимої швидкості руху в максимально навантажених виробничих системах, що дозволяє визначити раціональні режими експлуатації вантажних автомобілів на криволінійних ділянках.

Ключові слова: засоби транспорту, експлуатація транспорту, ефективність, виробнича система, синтез, експлуатаційні витрати, екологія.

АННОТАЦИЯ

Слободянюк М. Э. Развитие теоретических основ повышения эффективности эксплуатации средств транспорта в сложных производственных системах. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта». - Государственный университет инфраструктуры и технологий, Киев, 2020.

Работа посвящена развитию теории повышения эффективности эксплуатации средств транспорта в сложных производственных системах с различными видами транспорта.

В данной работе выбран наиболее универсальный путь повышения эффективности эксплуатации средств с различными видами транспорта по критерию экономической эффективности, поскольку перевозочный процесс обеспечивает жизнедеятельность любой производственной структуры и затраты на него составляют от 7% до 30% себестоимости готовой продукции.

В работе разработан комплекс моделей и методов повышения эффективности эксплуатации и формирования производственных систем, где предусматривается определение их уровней, функциональных элементов, принципов сочетания объектов различных уровней системы с использованием кластерной системы. Разработан метод структурно-параметрического синтеза и оптимизации функционирования многоуровневых систем, что позволяют провести распределение финансов на содержание различных уровней системы.

Предложен метод оценки экономической составляющей критерия эффективности функционирования средств транспорта в транспортном коридоре.

Разработана математическая модель взаимодействия железной дороги с морским портом при прямой перегрузке судна в логистическом парке транспортного коридора, которая позволяет оптимизировать затраты на эти операции. Предложены математические модели определения параметров верхнего строения пути железнодорожного транспорта для пропуска тяжеловесных и крупногабаритных грузов, а также метод повышения эффективности эксплуатации трубопроводного транспорта за счет снижения эксплуатационных расходов.

В работе получила дальнейшее развитие модель устойчивости автомобильного транспортного средства и допустимой скорости движения в максимально нагруженных производственных системах, позволяет определить рациональные режимы эксплуатации грузовых автомобилей на криволинейных участках.

Ключевые слова: средства транспорта, эксплуатация транспорта, эффективность, производственная система, синтез, эксплуатационные расходы, экология.

ABSTRACT

Slobodyanyuk M. Development of theoretical bases of efficiency increase of operation of transport means in complex production systems. - Qualification scientific work as a manuscript.

The dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles. - State University of Infrastructure and Technologies, Kiev, 2020.

The work is devoted to the development of the theory of increasing the efficiency of operation of vehicles in complex production systems with different modes of transport on the basis of economic efficiency.

In the work on the basis of the analysis and features of functioning and operation of vehicles of different types mathematical models and methods of construction and transformation of difficult production systems with use of their structural index are developed that allows to define quantity of structural levels of the considered system. The theoretical bases of technology of reduction of harmful influence on environment from operation of motor vehicles are finished in the work. A method of modeling the parameters of the upper structure of railway tracks for the passage of heavy and bulky goods is proposed.

The model of stability of a motor vehicle and admissible speed of movement in the most loaded production systems, which allows to determine rational modes of operation of trucks on curved sections, was further developed in the work.

Key words: means of transport, transport operation, efficiency, production system, synthesis, operating costs, ecology.

Key words: means of transport, transport operation, efficiency, production system, synthesis, operating costs, ecology.

\

Підп. до друку 02.11.2020. Формат 60x84/16. Папір офсет.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,8.
Тираж 100 прим. Зам. № 2108 - 00/20.

Надруковано в редакційно-видавничому відділі
Державного університету інфраструктури та технологій.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів
видавничої продукції
Серія ДК № 6148 від 18.04.2018 р.
03049, м. Київ-49, вул. Івана Огієнка, 19