

УДК 656.073.43

ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ У ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

Доктори техн. наук А.М. Котенко, О.В. Лаврухін, канд. техн. наук П.С. Шилаєв,
асп. А.В. Світлична, канд. техн. наук В.І. Шевченко, інж. О.М. Пилипейко

ПЕРЕВОЗКИ НЕГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Доктора техн. наук А.Н. Котенко, А.В. Лаврухин, канд. техн. наук П.С. Шилаев,
асп. А.В. Светличная, канд. техн. наук В.И. Шевченко, инж. О.Н. Пилипейко

TRANSPORTATION OF OVERSIZE AND HEAVY-WEIGHT CARGOES IN THE TRANSPORT SYSTEM

Doctors of techn. sciences A.M. Kotenko, A.V. Lavrukhin, cand. of techn. sciences P.S. Shylayev,
A.V. Svetlichnaya, cand. of techn. sciences V.I. Shevchenko, eng. A.N. Pilipeyko

У статті висвітлено проблеми та обмеження в перевезеннях негабаритних і великовагових вантажів у транспортних системах різними видами транспорту, наведено метод вибору оптимального способу перевезення вантажів окремими видами транспорту або в їх комбінації. Для доставляння вантажів значної маси (понад 500 т) і негабаритних наземним транспортом

запропоновано модульний принцип побудови транспортних засобів. Створено граф станів і складено систему диференціальних рівнянь перевезення негабаритних і великовагових вантажів у транспортних системах.

Ключові слова: негабаритні і великовагові вантажі, обмеження, економічна доцільність, транспортабельність, модульний принцип, граф станів, диференціальні рівняння.

В статье изложены проблемы и ограничения в перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов в транспортных системах различными видами транспорта, приведен метод выбора оптимального способа перевозки грузов отдельными видами транспорта или их комбинации. Для доставки грузов значительной массы (свыше 500 т) и негабаритных наземным транспортом предложен модульный принцип построения транспортных средств. Построен граф состояния и составлены дифференциальные уравнения перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов в транспортных системах.

Ключевые слова: негабаритные и тяжеловесные грузы, ограничения, экономическая целесообразность, транспортабельность, модульный принцип, граф состояния, дифференциальные уравнения.

In this article the problems and restrictions of transportation of oversize and heavy cargo in transport systems by different types of transport have been presented. The method of selecting optimal mode for transportation of cargoes by various means of transport or their combination has been submitted. The modular design of vehicles for delivery of cargoes a large mass (more than 500t) and oversized of ground transports has been proposed. State graph and differential equations of transportation of cargoes by various means have been compiled.

The advantages and disadvantages of each mode of transport have been noted. Railway transport has the following advantages: all-weather, rhythmicity transportation over considerable distances. However, it has significant disadvantages: stringent requirements for the dimensions of the loading, restrictions on cargo weight, low availability of railways in certain regions.

The main advantages of road transport are: delivery cargo "door to door" almost unlimited load weight, free choice of tracks movement.

Key words: oversize and heavy cargo, economic feasibility, transportability, restrictions, economic feasibility, modular design, state graph, differential equations.

Вступ. Перевезення негабаритних і великовагових вантажів (НВВ) вважається однією з найважливіших транспортних послуг, яка приносить найбільші прибутки. Для цього потрібна потужна техніка і підготовлені висококваліфіковані спеціалісти. Цей вид перевезень є найбільш складним і потребує, як правило, численних узгоджень із державними підрозділами і транспортними службами залізниць. Останнім часом спостерігається тенденція збільшення попиту на такий вид послуг (продукція Харкова, Дніпропетровська – негабаритні і великовагові вантажі - турбіни, улаштування та ін.) в ЄС та СНД. Нещодавно до Казахстану зі станції Індустріальна (м. Харків) Південної залізниці відправлено 300-тонний статор-турбогенератор виробництва заводу «Електротяжмаш». Це вже третій негабаритний вантаж, відправлений залізничниками з початку 2014 року. Для залізниці робота з промисловими

підприємствами Харківщини, а особливо з таким гігантом, як підприємство «Електротяжмаш», є плідною та цінною. За оцінками спеціалістів, ринок перевезень негабаритних і великовагових вантажів зростає на 15 % щороку. Такі темпи зростання свідчать про те, що сегмент перевезень цих вантажів випереджає темп приросту регулярних перевезень. Ця тенденція обумовлена утворенням самостійної держави та розвитком будівельної індустрії, яка збільшує перевезення великогабаритної будівельної техніки та металоконструкцій.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Існує криза застарілої виробничої бази, що дісталась Україні від колишнього СРСР, і це у свою чергу стимулює модернізацію і розширення промислових підприємств. Завдяки цьому збільшуються замовлення на постачання

устаткування для енергетики, добувної та металургійної промисловості. Збільшуються змішані перевезення негабаритних і великовагових вантажів у прямих міжнародних залізнично-водних сполученнях за участю залізниць і морського транспорту, автомобільним транспортом і цивільною авіацією.

На кожному виді транспорту існує поняття негабаритного і великовагового вантажу. Але ж відсутнє однакове поняття НВВ, що пов'язано з особливостями та провізними можливостями інфраструктури, які застосовуються для перевезення специфічного за розмірами і масою вантажу, а також з безпекою самого процесу транспортування. Тому питання відносно теорії й технічних умов навантаження, перевезення негабаритних і великовагових вантажів є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями перевезення негабаритних великовагових вантажів у транспортних системах присвячена значна кількість наукових публікацій, серед яких роботи таких вчених: Аміров Т.К., Котенко А.М., Мироненко В.К., Пилипейко О.М., Троїцька Н.А., Шилаєв П.С.

Визначення мети та завдання дослідження. Встановлення оптимального варіанта перевезення на основі формалізації витрат при перевезенні негабаритних і великовагових вантажів різними видами транспорту, а також визначення економічної доцільності застосування того чи іншого виду транспорту або їх комбінації. Розроблення модульного принципу побудови наземних транспортних засобів для перевезення негабаритних і великовагових вантажів.

Основна частина дослідження. Перевезення негабаритів – специфічна галузь транспортування, яка вимагає не тільки значного досвіду і відповідних знань, але й спеціалізованого обладнання, у тому числі для навантаження і вивантаження. Перевезення негабаритних вантажів передбачає нестандартні рішення з їх розміщення на транспортних платформах суден, автомобілів або поїздів.

Перевезення негабаритних і великовагових вантажів – це в першу чергу розроблення спеціальних умов та індивідуального плану транспортування для кожної партії негабаритного вантажу індивідуально. Частіше за все у розряд негабаритних вантажів попадає різноманітна

техніка, тому умови транспортування повинні гарантувати цілісність і неушкодженість всіх механізмів у тій техніці, що перевозиться. До комплексу послуг із перевезень негабаритів входять такі процедури:

- розрахунок і складання логістичного плану транспортування;
- розроблення схем навантаження та кріплення на транспортному засобі та їх узгодження;
- отримання дозволу на перевезення;
- вибір і підготування траси (укріплення мостів, демонтування повітряних мереж енергопостачання тощо);
- створення та розроблення спеціальних транспортних рішень індивідуально для кожного вантажу;
- встановлення спеціального обладнання для перевезення в разі необхідності;
- супроводження перевезення вантажу працівниками Державної автомобільної інспекції та дистанції колій залізниць;
- митне очищення та оформлення усіх необхідних документів при проходженні митного контролю.

Загальне поняття негабаритних і великовагових вантажів на всіх видах транспорту можливо викласти так: до негабаритних і великовагових належать вантажі, що перевищують розміри і навантаження сучасного рухомого складу та існуючі габарити обмежуючих пристроїв і споруд.

При перевезеннях НВВ визначається поняття транспортабельності на рухомому складі даного виду транспорту.

Транспортабельність визначимо як технічну можливість доставки вантажу в нерозібраному стані (або з незначним розбиранням – зняття стріл, підйомного устаткування тощо) у транспортних системах на існуючому комплексі транспортних засобів з урахуванням трудомісткості додаткових робіт з підготовки вантажу до перевезення, траси, місць перевантаження, розроблення та узгодження проектною документацією на перевезення. Транспортабельність на кожному виді оцінюється насамперед відповідністю габаритів і маси вантажу обмеженням, наявним на даному виді транспорту.

На залізничному транспорті до НВВ відносять вантажі, що перевищують нормативи за розмірами або потребують спеціальних умов розміщення, кріплення та перевезень.

Габаритними вважають вантажі, що підлягають перевезенню в межах мережі залізниць колії 1520 мм на загальних умовах і не перевищують загальносільових габаритів навантаження. Вантаж є негабаритним, якщо він при розміщенні на відкритому рухомому складі, що знаходиться на прямій горизонтальній дільниці колії (при збігу в одній вертикальній площині поздовжніх осей вагона та колії), перевищує габарит навантаження або його вихід за межі габариту навантаження на кривих перевищує геометричний винос розрахункового вагона. Існує три зони негабаритності: нижня, бокова, верхня та сумісна верхня та бокова. Нижня зона має шість ступенів, бокова – шість і верхня – три ступені. Для довгомірних вантажів застосовується розрахункова негабаритність.

До великовагових відносять вантаж, якщо його маса або навантаження на раму (підлогу) вагона вище допустимої під час перевезення на універсальному чотиривісному рухомому складі, тобто вантаж масою більше 72 т.

Стандартна довжина розрахункового вагона на залізничному транспорті становить 24 м, усі вантажі довжиною до 24 м транспортують залізницями без обмежень. Максимальна довжина вантажу, перевезеного на зчепках залізничних платформ, визначається з розрахункової негабаритності, яка залежить не тільки від довжини, але і від ширини вантажу. У практиці перевезень НВВ залізничним транспортом є досвід використання рухомого складу максимум чотири платформи у зчепі. При цьому можливі варіанти установа: на одній платформі із двома платформами прикриття, на двох крайніх платформах із проміжною платформою та двома платформами прикриття. Турнікети, що підтримують вантаж, повинні розташовуватися в середині бази платформи у випадку двох порожніх платформ або в середині бази крайніх візків платформи у випадку однієї порожньої платформи.

Розрахункова негабаритність визначається за зсувом кінця вантажу назовні кривої і за зсувом центра вантажу всередину кривої. Сума зсуву вантажу назовні або всередину кривої і фактичного габариту вантажу дає шукану негабаритність, яку порівнюють із допустимими ступенями бокової та верхньої негабаритності.

Із сухопутних видів транспорту першим почав перевозити негабаритні і великовагові вантажі залізничний транспорт. Це певною мірою пов'язано з тим, що до моменту надходження перших партій подібних вантажів на автомобільному транспорті не було відповідних транспортних засобів для їхнього перевезення. Залізничний транспорт мав на той час рухомий склад для найпоширеніших типорозмірів НВВ. Перевагами перевезень негабаритних і великовагових вантажів залізничним транспортом є низькі тарифи; незалежність від погоди; високий рівень безпеки перевезень; наявність чіткої структури й технології управління перевезеннями; відсутня потреба в розробленні технічного або робочого проекту (виконується розроблення схем розміщення кріплення та розрахунки і проведення погоджень); досягнення економії на операціях з реконструкції та перебудови дільниць прямування вантажу. До недоліків залізничного транспорту належать низька географічна доступність; обмежена вантажопідйомність транспортних засобів; наявність габаритних обмежень; жорсткі вимоги до габаритів вантажів через наявність мостів, віадуків, пристроїв сигналізації, блокування та інших споруд. Слід зазначити, що порівняно з іншими видами транспорту, які досить стрімко удосконалюють транспортні засоби, збільшуючи їх вантажопідйомність і нарощуючи обсяги перевезень негабаритних і великовагових вантажів, залізниці залишаються в цих перевезеннях найбільш консервативними, втрачаючи таким чином значні обсяги перевезень.

На залізницях мінімальне значення маси вантажу, що не вимагає особливих заходів під час перевезення, може обчислюватися за стандартною вантажопідйомністю залізничної платформи (приблизно 72 т). Як було зазначено вище, установа максимальна вантажопідйомність транспортерів зчленованого типу – 500 т. Подальше збільшення маси вантажу (крім можливо окремої номенклатури трансформаторів) на залізниці мало реально через додаткову складність перевізного процесу, значні капітальні витрати на реконструкцію колій і створення дорогого та складного спеціалізованого рухомого складу.

Розроблення та узгодження проектів перевезення необхідне звичайно для вантажів значних розмірів і мас або для особливо

складних шляхових умов і перевантажувальних робіт. Перевезення негабаритних і великовагових вантажів обов'язково вимагає досконального вивчення траси (дільниць залізниць) на всіх видах транспорту і запровадження відповідних заходів з їх реконструкції з метою забезпечення безпеки руху та схоронності вантажу.

Залізничні перевезення негабаритних вантажів є незамінним способом транспортування на великі відстані значних обсягів перевезень. Таке перевезення негабаритних великовагових вантажів дозволяє легко долати значні відстані, при цьому не вимагаючи зайвих витрат. У цілому, дійсно, немає більш стабільних і економічних способів доставки таких вантажів, ніж залізничні перевезення. Крім того, залізничний транспорт дозволяє здійснювати доставку в максимально стислий термін, незалежно від кліматичних умов, що також виділяє його серед інших засобів транспортування.

На відміну від перевезення негабаритних вантажів автотранспортом, залізничні перевезення негабаритних вантажів здійснюються з використанням спеціального оснащення для успішного і якнайшвидшого транспортування в будь-які, навіть найбільш важкодоступні, райони. Ураховуючи той факт, що перевезення негабаритних вантажів за допомогою інших засобів найчастіше ускладнює навантаження та розвантаження, залізничний транспорт є оптимальним засобом доставки негабаритів.

Разом з тим досвід перевезення окремих НВВ показав, що транспортування залізницею не завжди вигідніше від змішаного водно-автомобільного сполучення. Наприклад, вартість перевезення атомного реактора з підприємства «Атоммаш» для Запорізької атомної електростанції в змішаному водно-автомобільному сполученні виявилось на 19,4 % дешевше, ніж залізницею, при цьому на 28 діб зменшився термін підготовки вантажу до перевезення і самого перевезення, скоротилася трудомісткість монтажних робіт.

На кожному виді транспорту існують обмеження перевезень, які прямо пов'язані з його технічними особливостями, особливостями транспортних мереж і відповідно особливостями рухомого складу.

Гострота проблеми регулярних перевезень НВВ на різних видах транспорту

стала відчутною зі збільшенням маси та габаритів промислового устаткування, що випускається. На водних видах транспорту, особливо на морському, обмеження, пов'язані з перевезеннями великовагових і негабаритних вантажів, дозволяють здійснювати транспортування подібного устаткування без особливих принципів змін у способах перевезення та конструкціях вантажних суден.

На річковому транспорті мінімальну масу перевезених вантажів можна встановити виходячи з класів, на які розділяються внутрішні водні шляхи. Кожний наступний клас водних шляхів має менші габарити суднового ходу, ніж попередній, а отже, меншу можливу вантажопідйомність за осіданням судна. Сьомий клас річкових шляхів має найнижчі значення можливої вантажопідйомності плавзасобів, що становить 100 т, тобто перевезення вантажів масою до 100 т або на борту плавзасобів, або на плаву можливе практично без додаткових витрат по всій мережі внутрішніх шляхів.

Технологія перевезень річковим транспортом багато в чому залежить від габаритів суднового ходу, тобто судноплавних габаритів водних магістралей. Габарити суден також залежать від габаритів суднового ходу. Тому визначальним фактором при віднесенні різних видів вантажів до негабаритних і великовагових на річковому транспорті слід вважати габарити суднового ходу, а не габарити судна. На річковому транспорті допускаються теоретично перевезення вантажів будь-якої маси (з існуючого зараз ряду НВВ). Основними факторами, що обмежують перевезення НВВ внутрішніми водними шляхами, є габарити останніх.

Повітряний транспорт не є рентабельним для більшості вантажних перевезень. Однак для доставки та монтажу в особливих умовах, у тому числі й в умовах бездоріжжя, окремої номенклатури вантажів, наприклад орбітальних космічних кораблів багаторазового використання, блоків ракети-носія «Енергія», виробів для нафтовиків і газодобувачів, гірників і енергетиків, створене ціле сімейство надважкого рухомого складу повітряного транспорту.

Можливості надважких транспортних літаків унікальні – маса вантажів може бути до 250 т, а габарити під час перевезення вантажу зовні фюзеляжу, тобто на «спині», можуть

досягати 70 м довжини та 10 м діаметра. Більш широко могли б в окремих випадках застосовуватися вертольоти, що не обмежують габаритів вантажу, але обмежують загальну масу перемішуваного вантажу до 30 т для спарених вертольотів.

На автомобільному транспорті до негабаритних належать великогабаритні, довгомірні, великовагові вантажі, розміри яких разом з транспортним засобом перевищують параметри: по висоті 4 м; по довжині 22 м; по ширині 2,6 м; по масі вантажу з транспортним засобом – більше 38 т.

Автотранспортні магістралі мають більш широкі можливості щодо перевезень негабаритних і великовагових вантажів порівняно із залізничними та максимальні розміри й інші параметри автотранспортних засобів. У наш час за допомогою причепів автотранспортними шляхами в Росії доставляються вантажі масою до 2000 тон.

Основна перевага автотранспорту полягає в тому, що цей вид транспорту забезпечує доставку вантажу «від дверей до дверей». Дуже часто таке перевезення великогабаритних вантажів – єдиний спосіб, наприклад у ситуаціях, коли необхідне перевезення негабаритних великовагових вантажів у межах однієї області, району або міста. До того ж залізничні колії можуть просто бути відсутніми поблизу місць відправлення й призначення (відсутня доступність залізниць). У цей час перевезення негабаритних вантажів автотранспортом є одним з поширених видів негабаритних перевезень. Перевезення негабаритних великовагових вантажів автотранспортом, як правило, здійснюється за допомогою спеціально обладнаних тягачів різної вантажопідйомності. У разі необхідності негабаритних перевезень, навантаження та розвантаження застосовуються особливі трапи з різним кутом нахилу під перевезення негабариту різного виду.

На морському флоті немає твердих обмежень, тому надалі в розрахунки брати їх недоцільно так само, як і обмеження на повітряному транспорті, що має на сьогодні вузьке, специфічне застосування.

За наявності альтернативних варіантів необхідний комплексний підхід до вибору виду сполучення з урахуванням ряду умов. За кожним варіантом розглядаються заходи щодо подолання окремих обмежень на видах

транспорту та дається оцінка робіт з вартості або часу проведення цих заходів.

Крім того, практично у всіх випадках необхідне розроблення додаткових заходів для підвищення безпечного провезення НВВ, обумовлене різними порушеннями руху і тяжкістю їх наслідків для учасників транспортного процесу.

На вантажних операціях з великоваговими і довгомірними вантажами рекомендується горизонтальний спосіб – насування на транспортні засоби за допомогою лебідок і вертикальний – застосування спарених кранів.

На сьогодні стан справ на важкому транспорті на ринку характеризується такими обставинами:

- з'явилася безліч (не завжди кваліфікованих) організацій і приватних осіб, що пропонують і виконують послуги з перевезення НВВ;

- законодавча, нормативно-технічна та нормативно-економічна база цього виду перевезень залишається надзвичайно слабкою, суперечливою та застарілою;

- практично припинені наукові дослідження та підготовка фахівців у галузі важкого транспорту;

- припинені роботи зі створення нових спеціалізованих транспортних засобів, а наявні на підприємствах гранично зношені та протягом тривалого часу не замінюються;

- відсутня координація діяльності численних перевізників НВВ, низька їх інформованість, можливість одержання юридичної, фінансової, технічної, консультативної та іншої допомоги.

Для подолання існуючих труднощів необхідно підсилити увагу Міністерства інфраструктури України до перевезень негабаритних і великовагових вантажів. Назріла необхідність вирішення в найближчі роки найбільш важливих для спеціалізованих перевезень проблем, що передбачають:

- регламентування діяльності Міністерства інфраструктури України як компетентного органу в галузі перевезень НВВ;

- створення в Міністерстві інфраструктури Центру з координації перевезень негабаритних і великовагових вантажів усіма видами транспорту;

- підготовку науково-технічної програми розвитку перевезень НВВ із використанням

матеріалів проекту академічної програми фундаментальних досліджень на період до 2015 року в розділі «Транспорт», створення підрозділу, пов'язаного з розвитком великовагового транспорту;

- ліцензування діяльності в галузі перевезень НВВ;

- підготовку міжвідомчих правил і інструкцій з перевезень НВВ окремими видами транспорту, особливо у змішаних сполученнях, включаючи транспортно-експедиційну діяльність, ураховуючи інтереси відповідних нормативних та інших документів.

При виборі виду транспорту в першу чергу необхідно враховувати можливість доставки вантажів “від дверей до дверей”, розглядаючи найбільш придатні варіанти перевезення вантажу.

На наземних видах транспорту (автомобільному і залізничному) для збільшення маси великовагових вантажів, що перевозяться, і їх негабаритності пропонується застосування модульного принципу формування при навантаженні. Модульний принцип транспортування, розроблений на кафедрі управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, передбачає формування транспортної одиниці з декількох модулів залежно від маси та розмірів вантажу.

Для вибору виду транспорту рекомендується виконання розрахунків економічної доцільності застосування того чи іншого виду способу перевезення або їх комбінації.

Вибір раціональної технології перевезень негабаритних і великовагових вантажів у транспортних системах виконується за цільовою функцією

$$W = f\left(\sum_{i=1}^A E, \sum_{j=1}^B F, \sum_{m=1}^C G, \sum_{n=1}^D H\right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де W – загальні витрати на перевезення негабаритних і великовагових вантажів, грн;

A, B, C, D – відповідно кількість видів транспорту, задіяних на перевезенні негабаритних і великовагових вантажів;

E – витрати на доставляння вантажу залізничним транспортом, грн;

F – витрати на доставляння вантажу автомобільним транспортом, грн;

G – витрати на доставляння вантажу річковим транспортом, грн;

H – витрати на доставляння вантажу морським транспортом, грн.

Обмеження

$$\left. \begin{aligned} T_{дост} &\leq T_{норм}; \\ W &\leq S; \\ P_{ф} &\leq P_{мр.з.}; \\ Z_{min} &\leq Z \leq Z_{max}; \\ t_{min} &\leq t \leq t_{max.}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де $T_{дост}$ – фактичний строк доставки вантажу усіма видами транспорту, доб;

$T_{норм}$ – нормативний строк доставки вантажу, доб;

S – загальний прибуток від перевезення негабаритного і великовагового вантажу в транспортній системі, тис. грн;

$P_{ф}$ – фактичне завантаження транспортного засобу – автомобільного, залізничного, т;

$P_{мр.з.}$ – вантажопідйомність транспортного засобу, т;

Z – кількість розвантажувальних машин у пунктах відправлення і призначення та в пунктах перевалки;

t – тривалість роботи вантажного фронту протягом доби, год.

Загальні витрати надоставляння негабаритних і великовагових вантажів залізницями визначаються як

$$\sum_{i=1}^A E = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5, \quad (3)$$

де R_1 – витрати на транспортування негабаритних і великовагових вантажів залізницею та їх обслуговування, грн;

R_2 – витрати на розроблення технічних умов навантаження, грн;

R_3 – витрати на узгодження технічних умов навантаження, грн;

R_4 – витрати на вантажні операції, грн;

R_5 – витрати на виготовлення контрольної рами (у разі потреби), грн.

Загальні витрати надоставляння вантажу автомобільним транспортом

$$\sum_{j=1}^B F = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6, \quad (4)$$

де U_1 - витрати на перевезення вантажу автотранспортом, грн;

U_2 - витрати на розроблення технічної документації, грн;

U_3 - витрати на узгодження перевезення, грн;

U_4 - витрати на вантажні операції, грн;

U_5 - витрати на підготовку траси, мостів і повітряних комунікацій (зв'язок, енергомережі), грн;

U_6 - витрати на супроводження вантажу працівниками ДАІ та дистанцій колій залізниці, грн.

Витрати на доставляння вантажу річковим транспортом

$$\sum_{m=1}^C G = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5, \quad (5)$$

де V_1 - безпосередні витрати на доставку вантажу річковим транспортом, грн;

V_2 - витрати на розроблення технічної документації, грн;

V_3 - витрати на виготовлення спеціального оснащення, грн;

V_4 - витрати на вантажні операції, грн;

V_5 - витрати, що виникають з причини очікування відкриття навігації, грн.

Загальні витрати при перевезенні морським транспортом

$$\sum_{n=1}^D H = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \quad (6)$$

де T_1 - безпосередні витрати на доставку вантажу морським транспортом, грн;

T_2 - витрати, що викликані затримкою вантажу з причини штормів на шляху прямування суден, грн;

T_3 - витрати на виготовлення спеціального оснащення, грн;

T_4 - витрати на вантажні операції, грн.

Для оптимізації транспортування негабаритного і великовагового вантажу залізничним, морським та автомобільним транспортом побудовано розмічений граф (рисунок) станів і складено диференціальні рівняння.

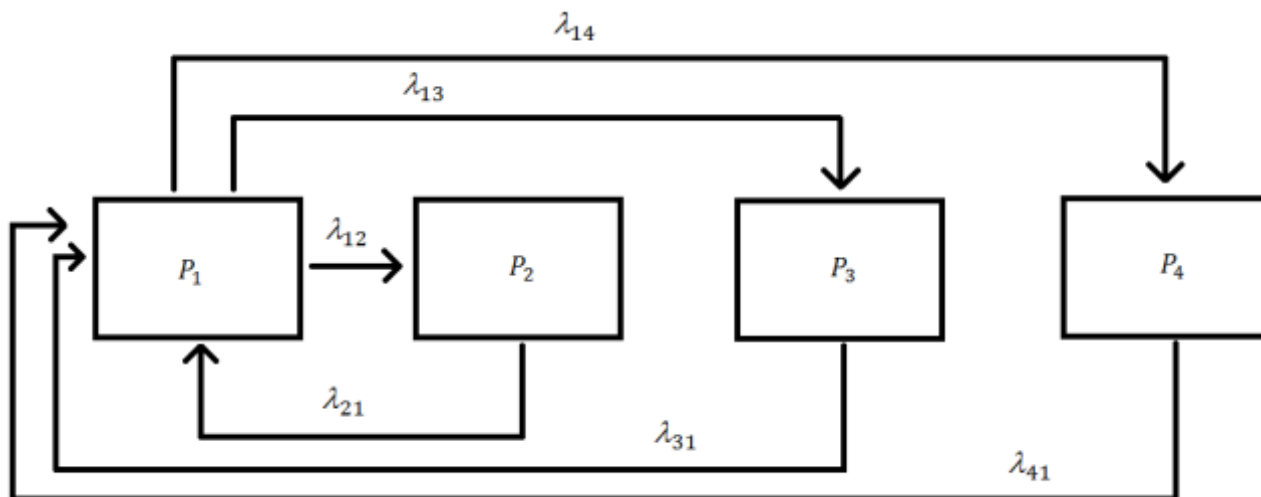


Рис. Розмічений граф станів транспортування вантажу в транспортних системах

Відповідно до графа станів, наведеному на рисунку, позначено вірогідності станів:

P_1 - вірогідність стану знаходження вантажу під вантажними операціями;

P_2 - вірогідність стану транспортування вантажу залізницею;

P_3 - вірогідність стану транспортування вантажу морським транспортом;

P_4 - вірогідність стану транспортування вантажу автомобільним транспортом.

Система диференціальних рівнянь може бути подана у вигляді

$$dP_1/dt = \lambda_{21}P_2 + \lambda_{31}P_3 + \lambda_{41}P_4 - P_1(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14});$$

$$dP_2/dt = \lambda_{12}P_1 - \lambda_{21}P_2;$$

$$dP_3/dt = \lambda_{13}P_1 - \lambda_{31}P_3;$$

$$dP_4/dt = \lambda_{14}P_1 - \lambda_{41}P_4.$$

Нормувальна умова

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1.$$

Висновки з досліджень і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Сформовано поняття негабаритних і великовагових вантажів для перевезення усіма видами транспорту в транспортних системах.

Побудовано розмічений граф і складено диференціальні рівняння вірогідності станів негабаритного і великовагового вантажу при транспортуванні залізничним, морським та автомобільним транспортом.

Обмеження кожного виду транспорту на перевезення негабаритних і великовагових вантажів прямо пов'язані з його технічними можливостями, особливостями транспортних мереж і відповідно особливостями конструкції рухомого складу.

При виборі виду транспорту в першу чергу визначається можливість доставки вантажів "від дверей до дверей". Розглядаються найбільш економічно придатні варіанти перевезення вантажу.

На морському транспорті обмеження, пов'язані з перевезеннями великовагових і негабаритних вантажів, дозволяють здійснювати транспортування подібного устаткування без особливих принципових змін у способах перевезення та конструкціях вантажних суден.

Технологія перевезень річковим транспортом багато в чому залежить від габаритів суднового ходу, тобто судноплавних габаритів водних магістралей.

Повітряний транспорт не є рентабельним для більшості вантажних перевезень і застосовується тільки в окремих випадках.

Залізничний транспорт, як найрозповсюдженіший, має суттєві технічні проблеми: низьку географічну доступність; обмежену вантажопідйомність транспортних засобів; наявність габаритних обмежень; жорсткі вимоги до габаритів вантажів через наявність мостів, віадуків, засобів сигналізації та інших споруд; необхідність і складність розроблення, узгодження проектів транспортування негабаритних і великовагових вантажів, що забезпечується існуванням конструкторських бюро на машинобудівних заводах, великими витратами на утримання спеціальних підрозділів в управліннях залізниць та держадміністрації Укрзалізниці.

Для залучення додаткових обсягів перевезень негабаритних і великовагових вантажів залізницям України необхідно проведення маркетингових досліджень на напрямках їх доставки, паралельних залізничним дільницям (вантажів масою більше 500 тонн), іншими видами транспорту, виділення та реконструкція окремих напрямків у транспортних коридорах для транспортування понаднегабаритних вантажів.

Один із основних факторів збільшення обсягів відправлення негабаритних і великовагових вантажів – спрощення та прискорення узгодження проектної документації на перевезення у структурних підрозділах залізниць, Держадміністрації Укрзалізниці, зниження тарифів.

Автотранспортні перевезення мають більш широкі можливості для зменшення обмежень щодо перевезень негабаритних і великовагових вантажів порівняно із залізницями та максимальні розміри й інші параметри автотранспортних засобів і вимагають оперативного підготування траси перевезення та повітряних комунікацій.

Для наземних видів транспорту для збільшення маси великовагових вантажів і їх негабаритності запропоновано модульний принцип формування транспортних одиниць при навантаженні залежно від їх маси та габаритних розмірів. Спосіб розроблено на кафедрі управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту.

Список використаних джерел

1. Технические условия погрузки и крепления грузов [Текст]. – М.: Транспорт, 1988. – С.408.
2. Інструкція з перевезення негабаритних і великовагових вантажів залізницями України. ЦД-0055 [Текст]. – К., 2004. – 181 с.
3. Правила эксплуатации и технического обслуживания транспортеров [Текст]. Утв. 15.07.98 г. на 21 заседании Совета железнодорожного транспорта государств-участников СНГ. – 1998. – 20 с.
4. Троицкая, Н.А. Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом [Текст] / Н.А. Троицкая. — М.: Транспорт, 1992. – 157 с.
5. Правила дорожного движения РФ [Текст]. – М.: Третий Рим, 2008. – 192 с.
6. Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам РФ [Текст]. — М.: Минтранс России, 1996. – 125 с.
7. Эксплуатация и безопасность движения автопоездов-тяжеловозов [Текст] / под ред. А.П. Степанова. — М.: Транспорт, 1998. – 256 с.
8. Амиров, Т.К. Перевозка крупногабаритных тяжеловесных грузов [Текст] / Т.К. Амиров. — М.: Экспресс-информация ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1985. – Вып.7. – С. 62-65.
9. Руководство по грузовым перевозкам на внутренних воздушных линиях СССР [Текст]. — М.: Воздушный транспорт, 1985. – 85 с.
10. Технические условия размещения и крепления крупногабаритных и тяжеловесных грузов на судах речного флота [Текст]. — М.: Транспорт, 1989. – 120 с.
11. Чеботарев, А.А. Специализированные автотранспортные средства (выбор и эффективность применения) [Текст] / А.А. Чеботарев. — М.: Транспорт, 1988. – 158 с.

Котенко Анатолій Миколайович, д-р техн. наук, професор кафедри управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-85.

Лаврухін Олександр Валерійович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-85.

Шилаєв Павло Сергійович, канд. техн. наук, асистент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-85.

Світлична Аліна Володимирівна, аспірант кафедри управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-85.

Шевченко Віталій Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-85.

Пилипейко Олег Миколайович, здобувач кафедри управління вантажною і комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-85.

Kotenko A.M., doctors of techn. sciences, Ukrainian State Academy of Railway Transport.

Lavrukhin A.V., doctors of techn. sciences, Ukrainian State Academy of Railway Transport.

Shylayev P.S., cand. of techn. sciences.

Svetlichnaya A.V.

Shevchenko V.I., cand. of techn. sciences.

Pilipeyko A.N., eng.