Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

РОЙ МАКСИМ ПЕТРОВИЧ

УДК 656.135 : 656.078.1

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 275 – ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ
(НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ)

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: ТРАНСПОРТ

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ М. П. Рой

Науковий керівник: Шарай Світлана Михайлівна
кандидат технічних наук, доцент

Київ – 2022

АНОТАЦІЯ

Рой М. П. Підвищення ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті). – Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, Київ. 2022.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі нескоординованості дій різних перевізників в інтегрованому транспортному процесі при виконанні вантажних автомобільних перевезень. Встановлено, що внутрішній потенціал ефективного господарювання автотранспортних підприємств (АТП), а також рівень їхньої конкурентноздатності можуть бути підвищені шляхом налагодження організаційно-технологічної взаємодії з партнерами. Для того, щоб оґрунтувати таку взаємодію, потрібно використовуати характеристики випадкових вантажних потоків, до яких належать ознаки їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості. Обґрунтовано раціональні схеми і параметри взаємодії вантажних автомобільних перевізників з врахуванням ознак сумісності й часових вікон виконання транспортних завдань, що становлять стохастичний потік. Початкові дані й умови сформульованої задачі планування виконання замовлень виконано за критерієм максимального прибутку автотранспортного підприємства. Математичне пояснення відносить дану задачу до розподільчих за своїм змістом, вона є багатопараметричною і нелінійною − за видом моделі. При вирішенні задачі застосовано методи нелінійного програмування з встановленням крайових умов. Доведено, що розв’язання задачі нелінійного програмування дає більш, як двохкратне підвищення сумарного прибутку у порівнянні з аналогічною лінійною задачею. Отримано стійкі статистичні дані про середні тарифи на вантажні

перевезення, однак не вдалося сформувати аналогічні дані стосовно собівартості послуг, структури парків, економічної складової орендних відносин. Показано, що відсутність такої інформації про конкурента не впливає на рішення стосовно доцільності взаємодії. Для оптимізації інтегрованого транспортного процесу застосовано структурне моделювання, яке дало змогу з'ясувати розподіл власних автотранспортних засобів (АТЗ) підприємства та необхідність їх оренди, обсягу інформації, які, в сукупності, призводять до максимального прибутку АТП залежно від коефіцієнта сумісності замовлень, коефіцієнта часової нерівномірності замовлень при наявності часових вікон. Показано, що різниця максимального прибутку при оптимальній структурі процесу може перевищувати інші неоптимальні варіанти на 10-12 тис.грн. при 10 відомих замовленнях, 5 наявних автотранспортних засобах, що становить 71-73% від сукупного доходу. Встановлено закономірності при виконанні стохастичного потоку замовлень на вантажні перевезення. Перша з них підтверджує той факт, що залучення додаткових автотранспортних засобів при збільшенні кількості замовлень призводить до зворотного ефекту, до збільшення кількості відмов на виконання замовлень. Ця закономірність є справедливою до певної межі, після якої вхідний потік більшої інтенсивності обслуговується більш стабільно. Інша закономірність вказує на те, що використання орендованих автотранспортних засобів, які цілеспрямовано скеровуються в пункти завантаження, знижує загальний час простоїв сукупного парку АТЗ, зокрема, магістральних автопоїздів. Обидві закономірності дають підстави вважати, що найбільш дієвим заходом щодо покращення використання парку магістральних автопоїздів при обслуговуванні стохастичного вхідного потоку замовлень є збільшення обсягу інформації про планові вантажні перевезення та підвищення її достовірності. Запропоновано заходи підвищення рівня завантаження автотранспортних засобів на міжміських маршрутах при умові найбільш повного задоволення вимог вантажовласників.

За результатами дисертаційної роботи встановлено наступне.

1. На основі аналізу системоутворюючих факторів розроблено методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу, яка впливає на господарську діяльність автотранспортних підприємств. Встановлено, що головним джерелом подальшого зростання цих підприємств є налагодження організаційно-технологічної взаємодії з партнерами для виконання замовлень на перевезення вантажів на основі їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості.

2. Удосконалено методику структурного моделювання інтегрованого транспортного процесу з параметрами випадкових вхідних вантажопотоків на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії вантажних автотранспортних підприємств з урахуванням ознак сумісності транспортних завдань і їх часових вікон.

3. Встановлено, що організаційно-технологічна сумісність замовлень на виконання перевезень вантажів залежить від порядку їх виконання в інтегрованому транспортному процесі, від часових зв’язків замовлень, їх концентрації на заданій транспортній мережі. Для оцінювання сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі розроблена їх класифікація та запропоновано відповідні відносні коефіцієнти, за числовими значеннями яких будь-які два замовлення вхідного потоку можна віднести до несумісних, частково, або повністю сумісних.

4. Удосконалено методику та алгоритм імітаційного моделювання процесу виконання заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критерієм мінімальних простоїв і мінімальних їздок без вантажу, що виконуються ними.

5. Засобами імітаційного моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів встановлено, що найбільш

суттєвим для їх успішної діяльності на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані.

Натомість, між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв'язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

На основі вищевикладеного розроблена методика щодо організації сумісної діяльності автотранспортних підприємств.

6. Результати виконаних досліджень підтверджені їх апробацією та впровадженням на підприємстві ТОВ «ЛВ-Транс». Сукупний річний економічний ефект від впровадження становить 144,8 тис.грн. станом на грудень 2020 року. Максимальний економічний ефект очікується у 2021 році у розмірі 2006,3 тис.грн.

На основі методики нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, встановлено, що залучення додаткових АТЗ при збільшенні кількості замовлень призводить до зворотного ефекту, а саме збільшення кількості відмов. Це спостерігається до певної межі (орієнтовно 80% замовлень), після якої вхідний потік більшої інтенсивності обслуговується стабільно. При застосуванні сумісної діяльності автотранспортних підприємств різниця максимального прибутку за оптимальної структури процесу може перевищувати інші варіанти співпраці на 10-12 тис.грн. при 10 відомих замовленнях, 5 наявних автотранспортних засобах, що становить 71-73% від сукупного доходу.

Наукова новизна. У роботі вирішена важлива науково-технічна задача, пов'язана з підвищенням ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств.

При цьому вперше:

- на основі системоутворюючих факторів розроблено методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу;

- запропоновано динамічний підхід до організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств, що дозволить адаптувати виробничі відносини автотранспортних підприємств до вхідного потоку замовлень на перевезення вантажів.

Удосконалено:

- методику нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, яка дозволила врахувати у пакеті послуг, що надаються автотранспортним підприємством, характеристики та властивості маршрутів, обсяги транспортної роботи;

- класифікацію замовлень на перевезення вантажів за ознакою сумісності та нерівномірності в єдиному потоці, що дає змогу визначити оптимальний план перевезень вантажів для групи розрізнених перевізників.

Набули подальшого розвитку:

- методика та алгоритм імітаційного моделювання процесу виконання заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критерієм мінімальних простоїв і мінімальних їздок без вантажу, що виконуються ними;

- система показників сумісності виконання замовлень на перевезення вантажів в єдиному транспортному потоці.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- розробці науково-методичного забезпечення та конкретних організаційно-технологічних рекомендацій щодо управління виробничою діяльністю автотранспортного підприємства із застосуванням взаємодії з партнерами;

- застосуванні раціональних стратегій у виробничій діяльності автотранспортних підприємств з врахуванням галузевої кооперації;

- науково-методичній підтримці рішень щодо управління виробничою діяльністю автотранспортних підприємств із застосуванням кооперації з партнерами.

- впровадженні результатів дослідження на підприємстві ТОВ «ЛВ-Транс» та в навчальному процесі кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету (м. Київ) при підготовці фахівців спеціальності 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)».

Ключові слова: автомобільні вантажні перевезення, автотранспортне підприємство, інтегрований транспортний процес, потік замовлень, ланцюги постачань, горизонтальна кооперація, колективна стратегія, собівартість перевезень, імітаційне моделювання, модель оптимізації, інтегральні показники.

Список публікацій здобувача.

Монографії:

1. Шарай С.М., Ященко В.М., Рой М.П. Напрями вдосконалення роботи терміналів шляхом підвищення ефективності здійснення митних процедур. *Бізнес-моделі розвитку транспортних, агропромислових і інших підприємницьких структур: сучасні реалії та перспективи:* Колективна монографія з міжнародною участю / за ред. Л. М. Савчук, Л. М. Бандоріної. – Дніпро: ЖУРФОНД, 2018. – 416 с. (параграф 3.2, С. 112-129).

2. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. 14.4: Analysis of Technological and Economical Preconditions of Intercity Carriers Business Interaction / Sharai S., Oliskevych M., Roi M. // Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph / Hnes L., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. – pp. 276-288. DOI- 10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III.

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

3. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Development of the procedure for simulation modeling of interrelated transport processes on the main road network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/3 (101). 2019. P.70-83. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.179042 Індексується у Scopus.

4. Sharai, S., Oliskevych, Myroslav., Roi M. (2021) Method of Selection of Sequence of Execution of Orders for Long-Term Freight Road Transportation. *World Science*. 9(70). P.4-10. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30092021/7688.

Статті у наукових фахових виданнях:

5. Шарай С.М., Рой М.П., Дехтяренко Д.О. Формування транспортно-логістичних кластерів в транспортному секторі України. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. №1(9). С.123-128. DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-9-1-123-128.

6. Рой М.П. Метод оптимізації інтегрованого транспортного процесу вантажних автомобільних перевезень. *Вчені записки Таврійського НУ ім. В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. 31 (70). № 5. С.220-227. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/36.

7. Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Рой М.П. Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від вхідного потоку замовлень. *Розвиток транспорту*. 2020. № 1(6). С. 103-115. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2020.1-6.09.

8. Шарай С. М., Рой М. П. Застосування системного підходу до організації вантажних автомобільних перевезень із часовими вікнами. *Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського Серія: Технічні науки*. 2021. Том 32 (71) № 1. Ч.2. С.148-154. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/24.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Шарай С.М., Рой М.П. Кластер як важлива складова транспортного сектору України. *Вісник НТУ*, Серія «Економічні науки», Випуск № 2(41) 2018, Київ, 2018. С. 147-152.

10. Шарай С.М., Рой М.П. Теоретичні засади створення транспортно-логістичних кластерів в Україні: тези доп. LXXIV *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 16-18 травня 2018). Київ, 2018. С. 260.

11. Sharai S., Roi M., Dekhtiarenko D. Formation of transport-logistic clusters in Ukraine. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми транспорту»*, 2019. (Тернопіль, 28-29 травня 2019). Тернопіль, 2019. С. 152-161. DOI:10.5281/zenodo. 3387530.

12. Шарай С.М., Рой М.П. Підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичних кластерів : тези доп. LXXV *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 15-18 травня 2019). Київ, 2019. С. 269-270.

13. Шарай С.М., Сахно В.П., Поляков В.М., Корпач А.О., Дехтяренко Д.О., Рой М.П. Моделі функціонування транспортно-логістичних кластерів: світовий досвід та можливості для його використання в Україні: Збірник наукових праць за матеріалами IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення», Сєвєродонецьк − Одеса − Вільнюс − Київ, 22-24 травня 2019р. / Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Одеський національний морський університет – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2019. С. 187-189.

14. Шарай С.М., Рой М.П. Імітаційне моделювання транспортних процесів на міжміській магістральній мережі: тези доп. LXXVI *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 13-15 травня 2020). Київ, 2020. С. 238.

15. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Application of a system approach in the organization of the process of cargo transportation by road transport taking into account hour windows / Theses of XIII International Scientific and Practical Conference “Globalization of Scientific and Educational Space. Innovations of Transport. Problems, experience, prospects” – 21-26 May 2021, Vlora (Albania) / Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Department "Logistics management and traffic safety in transport»: Severodonetsk 2021. – P. 76-78.

Авторські свідоцтва:

16. Свідоцтво № 94018. Науковий твір «Імітаційне моделювання транспортних процесів на магістральній мережі» Шарай С.М., Оліскевич М.С., Рой М.П. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. Дата реєстрації 19.11. 2019.

17. Свідоцтво № 90021. Літературний письмовий твір наукового характеру «Робоча програма та методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Транспортні системи в логістиці та організація перевезень» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент» денної форми навчання». Шарай С.М., Катрушенко Н.А., Гілевська К.Ю., Денис О.В., Хоботня Т.Г., Рой М.П. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації 20.06.2019.

18. Свідоцтво № 90771. Літературний письмовий твір наукового характеру «Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Транспортні системи в логістиці та організація перевезень» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент» денної форми навчання». Шарай С. М., Катрушенко Н.А., Гілевська К.Ю., Денис О.В., Хоботня Т.Г., Рой М.П. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації 15.07.2019.

SUMMARY

Roi M. Improving the efficiency of organizational and technological interaction of motor transport enterprises – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 275 – Transport technologies (on motor transport). - National Transport University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv. 2022.

The dissertation is devoted to the decision of a scientific and applied problem of uncoordinated actions of various carriers in integrated transport process at performance of cargo automobile carriers. It is established that the internal potential for improving the efficient management of transport companies, as well as the level of their competitiveness can be increased by establishing organizational and technological interaction with partners. In order to justify such interaction, it is necessary to use the characteristics of random input streams, which are signs of their compatibility, unevenness, order. Rational schemes and parameters of interaction of cargo road carriers are substantiated taking into account signs of compatibility and time windows of performance of the transport tasks making a stochastic stream. The initial data and conditions of the formulated task of planning the execution of orders are performed according to the criterion of maximum profit of the transport company. Mathematical interpretation refers to this problem as distributive in its content, multiparameter and nonlinear - in the form of a model. Methods of nonlinear programming with establishment of boundary conditions are applied. It is proved that solving the problem of nonlinear programming gives more than a twofold increase in the total profit in comparison with a similar linear problem. Stable statistical data on average tariffs for transportation were obtained, but such data could not be formed in relation to the cost of services, the structure of parks, and the economy of lease relations. It is shown that the lack of such information about the competitor does not affect the decision on the feasibility of cooperation. To optimize the integrated transport

process used structural modeling, which allowed to determine the distribution of own vehicles, the need for rent and the amount of information depending on the coefficient of compatibility of orders, the coefficient of time non-uniformity of orders in the presence of time windows. It is shown that the difference of the maximum profit with the optimal structure of the process can exceed other suboptimal options by 10-12 thousand UAH. with 10 known orders, 5 available vehicles, which is 71-73% of total revenue. Regularities in the execution of the stochastic flow of orders for transportation have been established. The first of them confirms the fact that the involvement of additional vehicles with an increase in the number of orders leads to the opposite effect, to an increase in the number of failures to fulfill orders. This pattern is valid to a certain extent, after which the inflow of greater intensity is served more stably. Another pattern indicates that the use of leased vehicles, which are purposefully directed to the loading points, reduces the total downtime of the total fleet. Both regularities give grounds to believe that the most effective measure to improve the operation of the fleet of main road trains in servicing the stochastic incoming flow of orders is to increase the number and increase the reliability of information about scheduled transportation. Measures to increase the level of loading of vehicles on long-distance routes are proposed, provided that the requirements of cargo owners are fully met. The results of the research are confirmed by their testing and implementation in transport companies. The practical significance of the obtained results lies in the scientific and methodological support of decisions on the management of the carrier with the use of cooperation with partners. An assessment of rational strategies of transport activity of motor carriers taking into account branch cooperation is also developed.

According to the results of the dissertation, the following is established.

1. Based on the analysis of system-forming factors the methodology of structural optimization of the integrated transport process, which affect the economic activity of motor transport enterprises, have been developed. It is established that the main source of further growth of these enterprises is the

establishment of organizational and technological interaction with partners on the basis of their compatibility, unevenness, order.

2. Improved a methodology of structural modeling of the integrated transport process based on a dynamic approach to the organizational and technological interaction of freight transport enterprises with the parameters of random incoming freight flows, taking into account the signs of compatibility of transport tasks and their time windows.

3. It is established that the organizational and technological compatibility of orders depends on the order of their execution in the integrated transport process, on the time constraints of orders, their concentration on a given transport network. To assess the compatibility of tasks for the carriage of goods in the integrated transport process, their classification is developed and appropriate relative coefficients are proposed, the numerical values of which any two orders of the input stream can be attributed to incompatible, partially or fully compatible.

4. The methodology and algorithm of simulation modeling of the process of execution of a given flow of orders for transportation of goods with rational distribution of vehicles according to the criterion of minimum downtime and minimum rides without cargo performed by them are improved.

5. By means of simulation modeling of the motor transport enterprise in its interaction with partners in the execution of a given flow of orders for transportation of goods it is established that the most important for their successful operation on long-distance routes is the number of orders received, rejected and fulfilled.

Instead, there is a significant correlation between the compatibility property of orders in a single flow and the revenue generated, which can be used to plan the transportation process.

Based on the above, a methodology for the organization of joint activities of motor transport enterprises has been developed.

6. The results of the performed researches are confirmed by their approbation and implementation at the enterprise of LV-Trans Ltd. The total annual economic

effect from the implementation is 144.8 thousand UAH as of December 2020. The maximum economic effect is expected in 2021 in the amount of 2006.3 thousand UAH.

Based on the method of nonlinear structural optimization of the transport process by the criterion of maximum profit from freight and activities in cooperation with partners, it is established that the involvement of additional ATC with increasing number of orders leads to the opposite effect, namely increasing the number of failures. This is observed up to a certain limit (approximately 80% of orders), after which the incoming flow of higher intensity is served stably. When applying the joint activities of motor transport enterprises, the difference in maximum profit for the optimal structure of the process may exceed other options for cooperation by 10-12 thousand UAH. with 10 known orders, 5 available vehicles, which is 71-73% of total revenue.

Scientific novelty of the obtained results. The important scientific and technical problem connected with increase of efficiency of organizational and technological interaction of motor transport enterprises is solved in the work.

For the first time:

- on the basis of system-forming factors a technique of structural optimization of the integrated transport process are developed;

- the dynamic approach to organizational and technological interaction of the motor transport enterprises that will allow to adapt production relations of the motor transport enterprises to an incoming stream of orders for transportation of freights is offered.

Improved:

- method of nonlinear structural optimization of the transport process by the criterion of maximum profit received from freight and activities in cooperation with partners, which allowed to take into account in the package of services provided by the transport company, characteristics and properties of routes, volumes of transport work;

- classification of orders for transportation of goods on the basis of compatibility and unevenness in a single flow, which allows to determine the optimal plan of transportation of goods for a group of separate carriers.

Further developed:

- method and algorithm of simulation modeling of the process of execution of a given flow of orders for transportation of goods with a rational distribution of vehicles on the criterion of minimum downtime and minimum driving without cargo, performed by them;

- system of indicators of compatibility of execution of orders for transportation of cargoes in a uniform transport stream.

The practical significance of the obtained results is:

- development of scientific and methodological support and specific organizational and technological recommendations for the management of production activity of the motor transport enterprise with the use of cooperation with partners;

- implementation of research results at LV-Trans Ltd. and in the educational process of the Department of International Transportation and Customs Control of the National Transport University (Kyiv) in the training of specialists in specialty 275 - "Transport technologies (by road)".

The practical significance of the obtained results also lies in the scientific and methodological support of decisions on the management of the production activity of the motor transport enterprises with the use of cooperation with partners.

Key words: road freight transport, motor transport enterprise, integrated transport process, order flow, supply chains, horizontal cooperation, collective strategy, cost of transportation, simulation modeling, optimization model, integrated indicators.

List of applicant's publications

Monographs:

1. Sharai, S.M., Yashchenko, V.M., Roi, M.P. Directions for improving the work of terminals by increasing the efficiency of customs procedures. Business

models of development of transport, agro-industrial and other business structures: modern realities and prospects: *Collective monograph with international participation* / ed. L.M. Savchuk, L.M. Bandorina. - Dnipro: JURFOND, 2018. - 416 p. (paragraph 3.2, pp. 112-129).

2. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. 14.4: Analysis of Technological and Economical Preconditions of Intercity Carriers Business Interaction / Sharai S., Oliskevych M., Roi M. // Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph / Hnes L., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. – pp. 276-288. DOI- 10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III.

Articles in foreign publications or in Ukrainian publications that are included in international scientometric databases:

3. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Development of the procedure for simulation modeling of interrelated transport processes on the main road network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/3 (101). 2019. P.70-83. Indexed in Scopus.

4. Sharai, S., Oliskevych, Myroslav., Roi M. (2021) Method of Selection of Sequence of Execution of Orders for Long-Term Freight Road Transportation. *World Science*. 9(70). P.4-10. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30092021/7688.

Articles in scientific professional publications:

5. Sharai S.M., Roi M.P., Dekhtyarenko D.O. Formation of transport and logistics clusters in the transport sector of Ukraine. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*. 2019. №1 (9). P.123-128. DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-9-1-123-128.

6. Roi M.P. Method of optimization of the integrated transport process of freight road transport. *Scientific notes of Tavriya National University named after V.I. Vernadsky. Series: technical sciences.* 2020. 31 (70). № 5. P.220-227. DOI https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/36.

7. Oliskevych M.S., Mastykash O.L., Roi M.P. Dependence of efficiency of activity and cooperation of the carrier on an incoming stream of orders. *Transport*

development. 2020. № 1 (6). Pp. 103-115. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2020.1-6.09.

8. Sharai S.M., Roi M.P. Application of a systematic approach to the organization of road freight transport with time windows. *Scientific notes of the Taurida National University named after VI Vernadsky Series: Technical sciences*. 2021. Volume 32 (71) № 1. Ch.2. P.148-154. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/24.

Published works of approbation character:

9. Sharai S.M., Roi M.P. Cluster as an important component of the transport sector of Ukraine. *Bulletin of NTU, Series "Economic Sciences"*, Issue № 2 (41) 2018, Kyiv, 2018. P. 147-152.

10. Sharai S.M., Roi M.P. Theoretical bases of creation of transport and logistic clusters in Ukraine: theses add. LXXIV *Scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of NTU*. (Kyiv, May 16-18, 2018). Kyiv, 2018. P. 260.

11. Sharai S., Roi M., Dekhtiarenko D. Formation of transport-logistic clusters in Ukraine. *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Actual Problems of Transport"*, 2019. (Ternopil, May 28-29? 2019)/ Ternopil, 2019. P. 152-161. DOI:10.5281/zenodo. 3387530

12. Sharai S.M., Roi M.P. Improving the efficiency of transport and logistics clusters: thesis add. *LXXV Scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of NTU*. (Kyiv, May 15-18, 2019). Kyiv, 2019. P. 269-270.

13. Sharai S.M., Sakhno V.P., Poliakov V.M., Korpach A.O., Dekhtiarenko D.O., Roi M.P. Models of functioning of transport-logistics clusters: world experience and opportunities for its use in Ukraine: Collection of scientific papers on the materials of the IX International scientific-practical conference "Transport and logistics: problems and solutions, Severodonetsk − Odesa − Vilnius − Kyiv, May 22-24, 2019. / Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Odessa National Maritime University – Odesa : Kuprienko SV, 2019. P. 187-189.

14. Sharai S.M., Roi M.P. Simulation modeling of transport processes on intercity trunk network: thesis add. *LXXVI Scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of NTU*. (Kyiv, May 13-15, 2020). Kyiv, 2020. P. 238.

15. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Application of a system approach in the organization of the process of cargo transportation by road transport taking into account hour windows / Theses of XIII International Scientific and Practical Conference “Globalization of Scientific and Educational Space. Innovations of Transport. Problems, experience, prospects” – 21-26 May 2021, Vlora (Albania) / Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Department "Logistics management and traffic safety in transport»: Severodonetsk 2021. – P. 76-78.

Author's certificates:

16. Certificate series № 94018. Scientific work "Simulation modeling of transport processes on the main network". Sharai S.M., Oliskevich M.S., Roy M.P. Ministry of Economic Development, Trade and Agriculture of Ukraine. Date of registration 19.11.2019.

17. Certificate № 90021. Literary written work of scientific nature "Work program and guidelines for practical work in the discipline "Transport systems in logistics and organization of transportation" for students majoring in 073 "Management" full-time education". Sharai S.M., Katrushenko N.A., Gilevskaya K.Yu., Denis O.V., Khobotnya T.G., Roi M.P. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. Date of registration 06.20.2019.

18. Certificate № 90771. Literary written work of scientific nature "Guidelines for the course project in the discipline "Transport systems in logistics and organization of transportation" for students majoring in 073"Management" full-time education". Sharai S.M., Katrushenko N.A., Gilevskaya K.Yu., Denis O.V., Khobotnya T.G., Roi M.P. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. Date of registration 07.15.2019.

ЗМІСТ

СПИСОК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 21
ВСТУП 22
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ПЕРЕДУМОВ ТА ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ 30
1.1 Аналіз виробничих відносин та рівня технологічного забезпечення автотранспортних підприємств 30
1.2 Наукові підходи до формування транспортно-логістичних кластерів 35
1.3 Аналіз відомих методів дослідження інтегрованих транспортних процесів 43
1.4 Аналіз дослідження вхідних потоків за сумісністю замовлень 63
1.5 Висновки за розділом 1 67
РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ 69
2.1 Теоретичні підстави ефективної взаємодії автотранспортних підприємств на засадах колективної стратегії 69
2.2 Формулювання і методика розв’язання задачі оптимізації транспортного процесу у ланцюгах постачань транспортних послуг 72
2.3 Показники потоку замовлень 77
2.4 Висновки за розділом 2 84
РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗРІЗНЕНИХ СУБ’ЄКТІВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ 86
3.1 Результати спостережень за діяльністю автотранспортних підприємств при їх кооперації 86
3.2 Результати структурного моделювання та оптимізації транспортних процесів 89
3.3 Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від параметрів потоку вхідних замовлень 98

3.4 Висновки за розділом 3 113
РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ 115
4.1 Дослідження взаємодії автотранспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів 115
4.2 Імітаційне моделювання взаємопов'язаних транспортних процесів на магістральній мережі 121
4.3 Моделювання процесу обслуговування вхідних потоків замовлень 131
4.4 Оцінювання роботи парку автотранспортних засобів залежно від вхідних потоків 138
4.5 Перевірка адекватності результатів досліджень 147
4.6 Визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження 150
4.7 Висновки за розділом 4 155
ВИСНОВКИ 156
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 158
ДОДАТКИ 173
Додаток А – Приклади заявок на перевезення вантажів 173
Додаток Б – Вибірка підприємств, які досліджувались 176
Додаток В – Результати досліджень тарифів на перевезення вантажів 181
Додаток Д – Розрахунок часових параметрів замовлень 183
Додаток Е – Розв'язування задач структурної оптимізації прикладним пакетом SOLVER 187
Додаток Є – Аналіз потоку замовлень і його виконання 195
Додаток Ж – Лістинг програми імітаційного моделювання вхідних потоків замовлень на перевезення вантажів 205
Додаток К – Акти впровадження результатів 215
Додаток Л – Копії авторського права на твір 218
Додаток Н – Список праць здобувача 221

СПИСОК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АТП – автотранспортне підприємство.

АТЗ − автомобільний транспортний засіб.

АСУ – автоматизовані системи управління.

ЕР – ефективність розподілу.

ЗВП – завдання на вантажні перевезення.

ЗП – залежності порядку.

ІМ − імітаційне моделювання (модель).

ЛЛ − логістичний ланцюг.

РЦ − розподільчий центр.

РЗ – метод рівних зборів.

РВ – метод розриву витрат.

ТЕП – транспортно-експедиторське підприємство.

ТЕО – транспортно-експедиційне обслуговування.

ТМО – теорія масового обслуговування.

ТЛК – транспортно-логістичний кластер.

ТС – транспортна система.

ТП – транспортний процес.

ТМ – транспортна мережа.

УАВ – метод уникнення альтернативних витрат.

Інтегрований транспортний процес (ІТП) − це сукупність транспортних операцій, пов’язаних з переміщенням вантажів та допоміжними діями, які раціонально розподілені між самостійними автотранспортними підприємствами.

ВСТУП

Висока конкуренція на ринку, зростання витрат на експлуатацію автотранспортних засобів, недостатньо ефективне їх використання та жорсткі вимоги споживачів по послуг з транспортування вантажів є характеристиками, які в даний час визначають логістичний сектор вантажних автомобільних перевезень. Через посилення конкурентного тиску чимало автотранспортних підприємств оптимізували свою діяльність настільки, що подальших удосконалень неможливо досягати на індивідуальному рівні. Застосування мереж кооперації перевізників і логістичних підприємств − це підхід, який може допомогти подолати цю зростаючу відсутність ефективності. Спільна діяльність, зазвичай, організовується таким чином, що сприяє обміну вигідними пропозиціями щодо надаваних послуг. Сучасні дослідження показують, що співпраця між конкурентами може призвести до значного заощадження коштів. До такої співпраці можуть бути залучені всі учасники логістичного ланцюга, включаючи постачальників, виробників, дистриб'юторів та замовників. Однак, ефективність кооперації на ринку вантажних автомобільних перевезень не завжди зростає при взаємодії транспортно-логістичних підприємств. Кооперація − це компроміс інтересів суб'єктів виробничих відносин. Втрати одного з підприємств можуть бути занадто великими, якщо предмет взаємодії є несумісним для усіх сторін. Тому завжди, переважно, виникає завдання оцінювання ймовірної вигоди від кооперації, яка набуває все біль широких масштабів у зв'язку із збільшенням кількості суб'єктів транспортно-логістичної діяльності. У зв'язку із цим в цій дисертаційній роботі пропонуються шляхи вирішення такого завдання шляхом попередньої оцінки властивостей транспортних задач, які становлять стохастичний потік і характеризуються показниками придатності для сумісного їх виконання розрізненими суб'єктами транспортно-логістичного процесу.

Актуальність теми. Актуальність завдань, які вирішені в цій роботі, полягає в трьох основних аспектах. По-перше, внутрішні ресурси

автотранспортних підприємств, які можна було б застосувати для підвищення їх конкурентоздатності, в основному, вичерпані. Автотранспортні підприємства використовують сучасні автотранспортні засоби (здебідьшого – автопоїзди), інформаційні технології, та працюють на межі регламентованих норм і правил для виконання замовлень на перевезення вантажів. Частішають випадки порушення цих обмежень. Однак, це не сприяє зростанню ефективності транспортного обслуговування клієнтів. Особливо це стосується кількості незавантажених їздок, що виконуються автотранспортними засобами, простоїв, надійності виконання замовлень.

По-друге, сучасні транспортні процеси стають ще більш інтегрованими, а їх інформаційне забезпечення є одним із ключових факторів досягнення бажаного результату. Слід відмітити стрімкий розвиток технологій комунікації, внаслідок чого партнери, конкуренти і клієнти об’єднуються в зусиллях досягнення мети. Через це зусилля перевізників повинні бути спрямовані на взаємодію та подальшу інтеграцію.

По-третє, системний підхід розкриває, окрім очевидних виграшів, додаткові труднощі у вирішенні поставлених задач обґрунтування кооперації. Можна спостерігати розвиток внутрішньої взаємодії декількох типових властивостей складнооЇ системи, якою є інтегрований транспортний процес: нелінійні залежності параметрів, великий обсяг змінних тощо. Навіть у детермінованому випадку підприємства стикаються з комбінаторним бумом, який призводить до того, що лише в дуже незначних випадках транспортні завдання можуть бути вирішені близько до оптимальності. У цій роботі виявлено множини вхідних даних, де рівень складності набагато перевищує практичні задачі. Тому аналіз динамічної стохастичної поведінки запропонованого підходу в середовищі моделювання представляється актуальним.

Відносини співпраці перевізників були нещодавно ідентифіковані дослідниками і для інших трендів транспортування. Статистика показує, що в Європі приблизно 90% вантажних перевезень здійснюються по дорогах, де

відсоток порожніх вантажних автомобілів, які спричиняють забруднення та аварії на шляхах сполучення, становить від 15% до 30%. Середня продуктивність вантажного АТЗ є набагато нижчою, ніж його технічні можливості, та особливо низькою в міському сполученні. Поза тим, існує багато можливостей для покращення використання вантажопідйомності АТЗ. Співпраця серед перевізників може призвести до підвищення рівня продуктивності транспортних операцій, збільшення використання потенціалу та, таким чином, вироблення економічних вигод для учасників, залучених, як партнери, до виконання транспортного процесу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року за № 430-р; планів НДР Міністерства освіти і науки України за напрямом «Проблеми формування раціональних транспортних логістичних систем і забезпечення ефективного функціонування їх складових»; в рамках кафедральної науково-дослідної роботи на тему «Підвищення ефективності функціонування інтегрованих транспортних систем у міжнародному сполученні» (Національний транспортний університет, номер державної реєстрації 0112U008415); держбюджетної наукової теми «Моделювання економічної поведінки та стратегії розвитку суб'єктів господарювання» (номер державної реєстрації № 0116U008360) та ініційованої теми «Методологія соціально-економічного, інформаційного та науково-технічного розвитку регіонів, галузей виробництва, підприємств та їх об'єднань» (номер державної реєстрації № 0116U006782).

Мета досліджень: підвищення ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств шляхом удосконалення процесу виконання замовлень на перевезення вантажів.

Об'єкт дослідження: інтегровані транспортні процеси доставки вантажів на заданій транспортній мережі.

Предмет дослідження: вплив сумісного виконання автотранспортними підприємствами замовлень на перевезення вантажів, в залежності від проведеної оцінки їх сумісності, на ефективність їх організаційно-технологічної взаємодії.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати системоутворюючі фактори становлення транспортного процесу, такі як організаційно-технологічне забезпечення, виробничі відносини автотранспортних підприємств, їх внутрішній потенціал та потреба у співпраці згідно з тенденціями розвитку транспортно-логістичного комплексу в Україні та в Європі;
- на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств удосконалити методику структурного моделювання і розв'язування задачі оптимізації інтегрованого транспортного процесу та дослідити взаємозалежність організаційно-технологічних параметрів його вхідних вантажних потоків і задіяних транспортних операцій;
- визначити ознаки організаційно-технологічної сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі, виконання яких у єдиному потоці є ефективним, та розробити їх класифікацію;
- виконати імітаційне моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критеріями мінімальних їздок без вантажу та простоїв;
- розробити методику та конкретні рекомендації щодо організації сумісної діяльності автотранспортних підприємств та запропонувати стратегії їх організаційно-технологічної взаємодії;

Методи досліджень. Для формалізації об'єкту дослідження були застосовані методи математичного моделювання, структурного аналізу, теоретичні засади теорії транспортних процесів і систем. Методи

структурного моделювання у вигляді цілочислового математичного програмування використані для оптимізації інтегрованого транспортного процесу. Імітаційне моделювання застосоване для аналізу вхідних потоків замовлень на вантажні перевезення та для планування ефективної взаємодії перевізників на заданій транспортній мережі, а також для верифікації отриманих теоретичних моделей.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі вирішена важлива науково-технічна задача, пов'язана із підвищенням ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств.

При цьому вперше:

- на основі системоутворюючих факторів методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу;

- запропоновано динамічний підхід до організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств, що дозволить адаптувати їх виробничі відносини до вхідного потоку замовлень на перевезення вантажів.

Удосконалено:

- методику нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, яка дозволила врахувати у пакеті послуг, що надаються автотранспортним підприємством, характеристики та властивості маршрутів, обсяги транспортної роботи;

- класифікацію замовлень на перевезення вантажів за ознакою сумісності та нерівномірності в єдиному потоці, що дає змогу визначити оптимальний план перевезень вантажів для групи розрізнених перевізників.

Набули подальшого розвитку:

- методика та алгоритм імітаційного моделювання процесу виконання заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критерієм мінімальних простоїв і мінімальних їздок без вантажу, що виконуються ними;

- система показників сумісності виконання замовлень на перевезення вантажів в єдиному транспортному потоці.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- розробці науково-методичного забезпечення та конкретних організаційно-технологічних рекомендацій щодо управління виробничою діяльністю автотранспортного підприємства із застосуванням кооперації з партнерами;

- застосуванні раціональних стратегій у виробничій діяльності автотранспортних підприємств з врахуванням галузевої кооперації;

- науково-методичній підтримці рішень щодо управління виробничою діяльністю автотранспортних підприємств із застосуванням кооперації з партнерами;

- впровадженні результатів дослідження на підприємстві ТОВ «ЛВ-Транс» та в навчальному процесі кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету (м. Київ) при підготовці фахівців спеціальності 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)».

Достовірність отриманих результатів. Достовірність підтверджується використанням методів математичного програмування в транспортних системах, імітаційними моделями та їх адекватністю, співпадінням з достовірними даними натурних спостережень, узгодженістю з відомими результатами в практиці. Результати досліджень використовуються на практиці в діяльності автотранспортних підприємств, про що отримано акт впровадження.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні положення, розробки та висновки, які наведені в дисертаційній роботі, є результатом самостійних наукових досліджень автора. Всі теоретичні, методологічні і концептуальні розробки отримані автором самостійно.

У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем особисто виконано таке: в [1] − огляд та систематизація результатів спостережень за

митними процедурами на терміналах; в [2] − аналіз застосування кластерів та розробка принципів взаємодії суб'єктів транспортних процесів у кластерах; в [3] – аналіз чинних процедур формування кластерів; в [4] − збір вхідних даних та процес імітаційного моделювання діяльності транспортних підприємств, які взаємодіють; в [5] − аналіз результатів імітаційного моделювання, побудова регресійних залежностей; в [6] − зібрано початкові дані й здійснено серію імітаційних експериментів з оптимізацією; в [7] – проаналізовано початкові дані, виконано моделювання та побудовано залежності прибутку від ознак сумісності замовлень; в [9] – виконано аналіз початкових даних і здійснено апробацію розробленої методики на конкретному наборі вхідних даних.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати наукових розробок доповідались на:

- LXXIV науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ, м. Київ, 16-18 травня 2018 року;

- LXXV науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ, м. Київ, 15-18 травня 2019 року;

- IX Міжнародній науково-практичній конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення», Одеський національний морський університет, м. Одеса, 22-24 травня 2019 р;

- I Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту, ВНТУ, м. Вінниця, 13-15 травня 2019 року;

- XII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», ВНТУ, м. Вінниця, 21-23 жовтня 2019 року;

- Міжнародній конференції «Актуальні проблеми транспорту» (ICCPT 2019), ТНТУ імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 28-29 травня 2019 року;

- LXXVI науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ, м. Київ, 13-15 травня 2020 року.

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 18 наукових праць, із них: 2 колективні монографії, 6 статей у наукових фахових виданнях, що входять до переліку затверджених ДАК України, у тому числі 1 – у науковому виданні, що входить в наукометричну базу Scopus, 1 стаття – у науковому закордонному виданні, 7 праць апробаційного характеру, 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних позначень та термінів, вступу, чотирьох розділів, висновків, разом з якими її обсяг складає 157 сторінок, списку використаних джерел, який місить 123 найменування, 10 додатків на 52 сторінках, ілюструється 33 рисунками, містить 12 таблиць та 69 формул.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ПЕРЕДУМОВ ТА ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Аналіз виробничих відносин та рівня технологічного забезпечення автотранспортних підприємств

Взаємозв'язок підприємств, які працюють на ринку із різним рівнем співробітництва в ланцюзі, називається вертикальною співпрацею [17]. Наприклад, роздрібні продавці та постачальники можуть співпрацювати, обмінюючись інформацією щодо продажів та товарних запасів, для вдосконалення методів прогнозування. Іншим поширеним випадком вертикальної співпраці є залучення сторонніх постачальників логістичних послуг. Горизонтальне співробітництво, з іншого боку, включає співробітництво між одними і тими ж ланцюгами постачання [18]. Це може включати спільний розподіл замовників або постачальників замовлення, або спільне використання автотранспортних засобів різними АТП. Переваги обох підходів можуть поєднуватися в латеральній співпраці.

При проектуванні транспортно-логістичних процесів найбільш фундаментальними питаннями, з якими стикаються автотранспортні підприємства, є: доцільність аутсорсингу; доцільність збереження власної логістики в компанії; пошук співпраці з подібними підприємствами для використання ймовірної синергії.

Оскільки сучасні вимогливі споживачі транспортних послуг очікують, що їх вантажі будуть доставлені в потрібне місце, у потрібний час, у потрібній кількості, в ідеальному стані і за найнижчою ціною, вони часто відчувають труднощі із задоволенням цих вимог індивідуально, або за допомогою діадичних аутсорсингових відносин з постачальниками подібних послуг. Це призвело до того, що третій варіант тісного співробітництва з іншими підприємствами стає все більш життєздатним. У рамках горизонтальної логістичної співпраці декілька підприємств об'єднують замовлення на виконання перевезень, які надійшли до них, з метою більш

ефективного їх виконання [18]. На практиці результати цих ініціатив є досить суттєвими: відомо про підвищення ефективності виконання замовлень від такої співпраці майже до 30% [19, 20]. На наведених схемах двох маршрутів перевезень представлені два варіанти їх виконання: без співпраці АТП (рис.1.1) та із їх співпрацею (рис. 1.2).

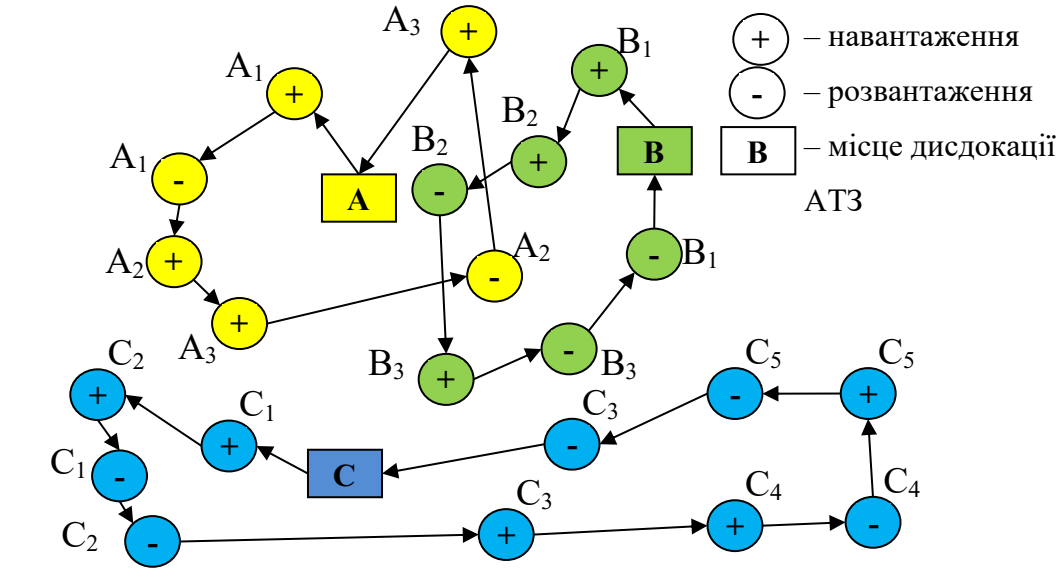


Рисунок 1.1 – Схеми розвізних маршрутів, які виконуються трьома автотранспортними засобами, що знаходяться на балансі різних автотранспортних підприємств, які не співпрацюють

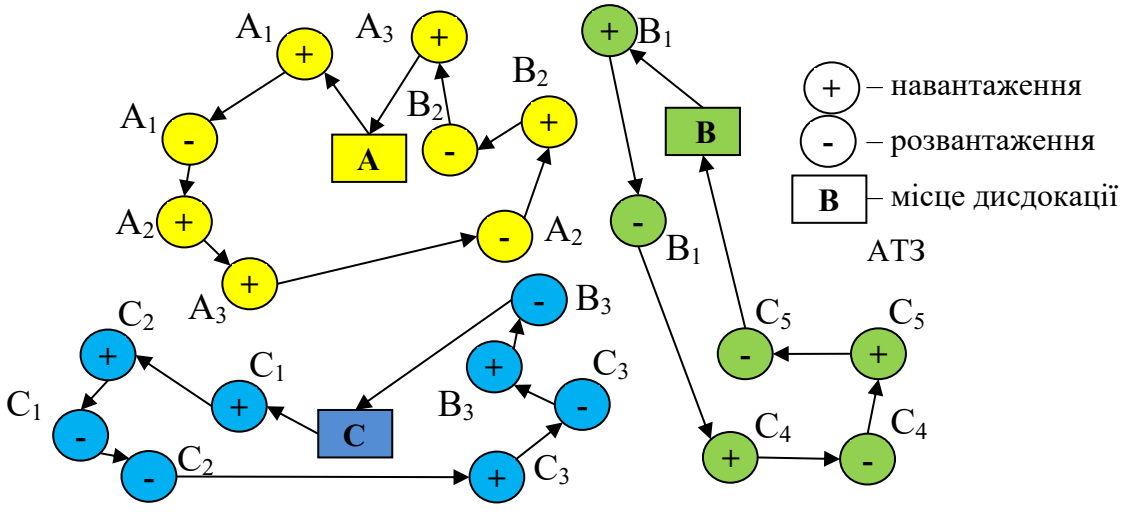


Рисунок 1.2 – Схеми розвізних маршрутів, які виконуються трьома автотранспортними засобами, що знаходяться на балансі різних автотранспортних підприємств, які співпрацюють

Горизонтальне співробітництво в логістиці вимагає встановлення механізму моніторингу на замовлення, який часто реалізується за принципом, заснованим на аукціоні. Основною причиною групового замовлення є те, що значення запиту на перевезення вантажу тим чи іншим перевізником залежить від доступності іншого запиту, який може бути надлишковим. Однак, аукціон не є настільки досконалим механізмом, який можна було б використати для здійснення обміну інформацією між перевізниками щодо перевезень. Зокрема, термін «логістична співпраця» пропонує розглянути також механізми спільного прийняття рішень, при яких група учасників спільно ухвалює свої рішення, які є оптимальними з точки зору усієї групи [20].

Є декілька бажаних властивостей, які повинен забезпечувати механізм розподілу замовлень на перевезення. Перша − це ефективність отриманого розподілу (EP). У стандартному аукціоні ця властивість часто призначає пошук замовлення для агента, який оцінює його найбільшою вартістю [21, 22]. Однак, у комбінаторній обстановці із синергією значення, яке оператор присвоює замовленню, залежить від інших замовлень, які повинен виконати перевізник, тому єдиної «вартості» замовлення не існує. Отже, ми визначаємо розподіл як ефективний, якщо подальший прибуток від його перепродажу є неможливим або еквівалентним, якщо розподіл максимізує створення вартості за допомогою обміну.

Кооперація автотранспортних підприємств за певних умов досягає рівня концентрованих мереж. Такі мережі, які називають «хаб-спік», відіграють значну роль у роботі транспортних підприємств. За даними UNCTAD (2012) приблизно 80% світової торгівлі за обсягом та 70% за вартістю транспортується морем і здійснюється переважно концентрованими терміналами в всьому світі [24]. Більш того, оскільки уряди вводять більше податкових норм, що просувають екологічну політику в транспортній діяльності, інвестиції в такій мережі стають ще більш важливими. Концентрована мережа співпраці автотранспортних підприємств

визначається як мережа, що повністю підключена із потоком інформації між будь-якими двома вузлами, які обслуговуються на невеликій кількості вузлових пунктів і переміщуються через міжхабові зв’язки [25]. Отже, хаби служать пунктами перевалки або комутації потоків вантажів між вузлами центру походження та пункту призначення (вузлами, що не є хабами) замість того, щоб створювати прямі зв'язки між ними. Отже, в міру того, як концентратори консолідуються та збирають вантажопотоки, менша експлуатаційна вартість доставки вантажів може бути досягнута в значній мірі завдяки концепції економії від масштабу мережі.

Автотранспортні підприємства можуть співпрацювати з метою підвищення рівня їх ефективності шляхом, наприклад, обміну замовленнями на перевезення, або автотранспортними засобами. У роботі [26] представлений підхід до горизонтальної співпраці автотранспортних підприємств, а саме: спільне використання розподільчих центрів (РЦ) з підприємствами-партнерами. Цю проблему можна класифікувати як проблему розміщення об’єктів спільної роботи та сформулювати як інноваційну змішану задачу цілочисельного лінійного програмування. Щоб забезпечити стійкість співпраці, витрати на співпрацю повинні бути справедливо розподілені між різними учасниками інтегрованого транспортного процесу. Переваги розміщення об’єктів об’єднання автотранспортних підприємств та наслідки різних методів розподілу витрат між ними було проаналізовано на прикладі Великобританії у роботі [26]. У цій статті наведені чисельні експерименти на основі експериментального проектування. Спільне використання РЦ, на думку авторів статті, може призвести до значної економії коштів (до 21,6%). На відміну від випадку спільного виконання замовлень, або використання транспортних засобів, існує ймовірність збитків від масштабу, якщо кількість партнерів, які можуть очікувати більшої вигоди від співпраці, мають неоднакову частку від потоку замовлень. Більш того, результати вказують на те, що горизонтальна співпраця на рівні РЦ добре працює з обмеженою кількістю партнерів і може

базуватися на інтуїтивно привабливих методах розподілу витрат, які можуть зменшити складність альянсу та посилити міцність взаємних партнерських відносин. Однак, в згаданій статті не враховано, що ефективність співпраці нелінійно залежить від залучення додаткових партнерів до кооперації через РЦ. Тому сформульована задача відноситься, насправді, до задач нелінійного цілочислового програмування.

Оскільки метою горизонтальної логістичної співпраці є підвищення ефективності логістики учасників, а оскільки співпраця часто призводить до додаткових прибутків або зменшення витрат, велика кількість наукової літератури з питань спільної логістики приділяє свою увагу виявленню ефективних схем розподілу [27]. Справедливий розподіл витрат або прибутків коаліції є ключовим питанням, оскільки запропонований механізм розподілу повинен спонукати партнерів поводитися відповідно до спільних цілей та може покращити стабільність співпраці.

У статті [28] розглядається горизонтальна співпраця між перевізниками. Співпраця повинна дозволити перевізникам обмінюватися запитами клієнтів, щоб зменшити їх транспортні витрати. Такі види горизонтальних альянсів пов’язані із різними екологічними перевагами, включаючи зменшення викидів CO_2, затори на дорогах та шумове забруднення. Завдяки цьому величезному потенціалу спільне використання вантажних АТЗ нещодавно стало широко досліджуваною темою в галузі маршрутизації перевезень. Однак, насправді, автотранспортні підприємства неохоче вступають у горизонтальну співпрацю. Потенційні учасники мереж співпраці висловлюють занепокоєння щодо роботи з конкурентами. Вони побоюються, що замість того, щоб виграти від ефектів синергії, вони втратять цінних клієнтів, та відмовляються від потенційно шкідливої інформації для своєї конкуренції. Чесний розподіл замовлень та прибутку вважаються найважливішими аспектами для забезпечення горизонтальної співпраці. Емпіричні докази представлені в роботі Cruijssen та інших [18]. На основі широкомасштабного опитування щодо потенційних переваг та перешкод для

горизонтального співробітництва у Фландрії автори роблять висновок, що постачальники загальних логістичних послуг твердо вірять у потенційні переваги горизонтального співробітництва. Однак існує декілька перешкод. При опитуванні вантажовідправників переважна більшість респондентів погоджувалась із тим, що менші компанії в рамках партнерства можуть втрачати клієнтів або бути повністю витіснені з ринку. Отже, автори статті [18] рекомендують потенційним партнерам враховувати ці перешкоди та намагатися подолати їх до початку співпраці. Також Bo-Yuan та інші [23] емпірично аналізують, чи є перешкодою для горизонтальної співпраці між постачальниками логістичних послуг побоювання щодо втрати клієнтів для конкурентів. Автори проводять мультиметодний підхід, що складається із спостережень, глибоких інтерв'ю та експерименту на основі віньєток. У своїх емпіричних результатах автори розрізняють ролі респондентів. Вони показують, що великі автотранспортні підприємства, де планування використання АТЗ та рішення з питань зовнішнього замовлення приймаються різними особами, а страх втрати клієнтів для конкурентів є однією з трьох найсильніших перешкод при горизонтальній співпраці. Ці емпіричні висновки підкреслюють необхідність вивчення питань щодо впливу дозволу учасникам співпраці утримувати конкретних споживачів або конкурентні частки ринку.

1.2 Наукові підходи до формування транспортно-логістичних кластерів

Кластеризація є одним із напрямків для покращення роботи системи управління транспортним сектором, так як її формування дає змогу підвищувати ефективність діяльності транспортно-логістичних підприємств за рахунок зниження витрат у сфері транспорту і логістики. Тому актуальними є дослідження кластерного підходу при розбудові (реорганізації) транспортної галузі України.

Кластер уявляє собою мережеву виробничо-комерційну структуру, що має здатність концентруватися та об'єднувати споріднених і супутніх

виробників, часто навіть конкуруючих, з метою кооперації для виробництва конкурентоспроможної продукції [30]. В країнах Європи та світу кластери є важливим інструментом в розвитку транспортної галузі. Саме кластеризація є однією з умов підвищення конкурентоспроможності економіки регіонів та держав. Для прикладу, Європейська мережа транспортних кластерів складається із 24 первинних, 60 вторинних кластерів та 4 глобальних кластерів, злагоджена робота яких підвищує ефективність діяльності транспортних підприємств [28].

Питання створення кластерів, їх розподіл за видами, питання щодо ролі транспорту в розвитку кластерів різних типів, створення транспортно-логістичних кластерів для вдосконалення перевезень розглянуті в роботах багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців, таких як Собкевич О.В., Карпенко, О. О., Альошинський Є.С., Хоменко І.О., Соколенко С.І., Пятинкін С.Ф., Губенко В.К, Ковбатюк М. В., Дорощук В. О., Чупайленко О.А., Гриценко С.І. та інші [28-34].

Розвинута транспортна система (ТС) відіграє важливу роль в соціально-економічному розвитку країни, так як вона є запорукою економічного зростання та підвищення конкурентоспроможності національної економіки.

Світовий досвід доводить, що кластеризація є процесом, який об’єднує транспортно-логістичні підприємства, а також інші владні структури для спільної взаємодії, завдяки якій буде розбудовуватись транспортна інфраструктура, збільшуватиметься транзитний потенціал країни та підвищуватиметься якість обслуговування при виконанні перевезень вантажів. Кінцева мета кластера полягає в забезпеченні сприятливих умов, які дозволять учасникам надавати комплексні транспортно-логістичні послуги для досягнення успіху на європейському ринку. Так, морський кластер у Великобританії був створений в 2003 р., щоб представляти і відстоювати інтереси морської галузі в Мерсисайде (графстві північно-західної Англії) [30]. Мета кластера – збільшити інвестиції в галузь і підвищити її ефективність на місцевому, регіональному, національному і міжнародному рівнях. Кластер функціонує в інтересах 500 пов'язаних з

морською діяльністю підприємств регіону, серед яких – судновласники, суднобудівельні підприємства, експедитори, портові і складські оператори, транспортні і страхові компанії та ін. Річний обіг кластера досягає 1,3 млрд. фунтів стерлінгів. Для наведення прикладу функціонування концепції кластеризації можна взяти також країни-члени ЄС. Так, економіка Фінляндії повністю кластеризована, і в ній виділено 9 кластерів, а економіка Нідерландів розбита на 20 «мегакластрів», на основі функціонування яких визначені пріоритети інноваційної політики країни. У Данії функціонує 29 кластерів, в яких беруть участь 40 % усіх підприємств країни, які забезпечують 60% експорту. В Австрії діють трансграничні кластери з Німеччиною, Італією, Швейцарією, Угорщиною, активізувались зв'язки з Францією та Великобританією. У Німеччині створено промислові кластери, а в Словенії прийнято стратегію зростання конкурентоспроможності промисловості та розроблено програму національного розвитку кластерів.

Кластер – це територіальне та добровільне об'єднання підприємницьких структур, наукових установ, інституцій ринкової інфраструктури та органів влади з метою підвищення конкурентоздатності власної продукції й сприяння економічному розвитку регіону та підсилення конкурентних переваг один одного через ефект синергії [32]. Вони створюються як з невеликої (10-15 підприємств), так і значної кількості підприємств та структур (6-7 тисяч підприємств) у різноманітних формах об'єднань і організацій. Кластером вважають як географічну концентрацію підприємств, що працюють в окремому виді бізнесу, так і конгломерацію великих та малих фірм, частина яких може бути власністю іноземців. Вони з'являються в традиційних галузях і в напрямах високих технологій, у виробничо-комерційному сегменті або у секторі послуг, а також у соціальних сферах [32].

Транспортно-логістичний кластер (ТЛК) – це сукупність регіональних автотранспортних підприємств, представників-підприємств інших видів транспорту, логістичних фірм, ліцензійних складів, органів місцевої влади та

науково-дослідних інститутів у формі асоціативного утворення з адекватним фінансуванням внесками учасників, діючою інфраструктурою, сучасними комунікаційними зв'язками, які посилюють взаємодію та переваги в порівнянні з іншими конкурентами, що дозволяє підвищити інвестиційну привабливість та стійкий розвиток регіональної території. Вони поділяються на три категорії: портові, прикордонні та територіальні (регіональні) [33]. ТЛК передбачає об'єднання окремих регіонально, функціонально і економічно пов'язаних між собою логістичних ланок: міжнародних транспортних коридорів, транспортних вузлів магістральної інфраструктури, транспортно-розподільчих логістичних центрів, магістральних, регіональних і локальних шляхів сполучення в єдину систему перевізного процесу, здатну надати якісний логістичний сервіс внутрішнім або зовнішнім споживачам при мінімізації загальних логістичних витрат [34]. ТЛК включають в себе комплекс інфраструктури та підприємств, взаємодія яких передбачає стійке партнерство у наданні різного виду послуг, включаючи транспортні, складські та інші комплекси послуг за рахунок їх безпосередньої інтеграції – від видобутку сировини до виробництва готової продукції, її доставки та реалізації кінцевому споживачу.

Отже, можна узагальнити, що кластер – це група одного географічного простору взаємопов'язаних підприємств та різних за видами і спеціалізаціями організацій, які взаємодоповнюють один одного для досягнення конкретного господарського ефекту та конкурентоздатності окремих підприємств, а також кластера в цілому. Головною його ознакою є принцип територіальної локалізації. Можна умовно виділити основні види кластерів, а саме:

- виробничі кластери – це об'єднання підприємств, що здійснюють виробництво продукції шляхом виконання складських операцій;

- інноваційно-технологічні кластери – це об'єднання географічно локалізованих підприємств, що пов'язані виробничими зв'язками з метою створення інноваційної продукції та надання послуг суб'єктам інноваційної діяльності;

- туристичні кластери – це об'єднання підприємств різних сфер, діяльність яких пов'язана з обслуговуванням туристів, та які формуються на базі туристичних активів регіону;

- ТЛК – це комплекс інфраструктури і підприємств, які спеціалізуються на зберіганні, супроводженні і доставці вантажів та пасажирів. Вони можуть включати також організації, які обслуговують об'єкти портової інфраструктури, компанії, які спеціалізуються на морських, річних, наземних, повітряних перевезеннях; логістичні комплекси та інші. ТЛК розвиваються в регіонах, які мають значний транзитний потенціал [34, 35].

Одним із напрямків розвитку транспортного сектору України є формування мережі вантажних кластерів. Це дозволить підвищити ефективність взаємодії приватного сектора, держави, торговельних та професійних асоціацій, а також здійснювати взаємодію всіх учасників транспортно-розподільчого процесу в організаційно-економічному процесі. Структура вантажного кластера наведена на рис. 1.3.

Рисунок 1.3 – Структура вантажного кластера

Вантажний кластер можна умовно розділити на 5 основних секторів: 1 – виробничий сектор (підприємства-постачальники вантажів); 2 – адміністративний сектор (організації, які надають різного роду послуги з

транспортно-експедиторського обслуговування); 3 – транспортно-логістичний сектор (організації, що підтримують транспортні інфраструктури, дорожню мережу); 4 – обслуговуючий сектор (адміністративні, людські ресурси); 5 – фінансовий сектор (банківські установи, страхові компанії).

Вантажний кластер є економічною системою, яка формується на підвищеній концентрації транспортно-логістичних підприємств і організацій, які спеціалізуються на зберіганні, супроводженні і доставці вантажів та взаємодіють між собою на принципах соціальної відповідальності щодо спільного використання транспортних, логістичних, інформаційних, інвестиційних, інноваційних, технологічних, освітніх, наукових, інтелектуальних, маркетингових та інших можливостей для забезпечення підвищення економічної та соціальної ефективності роботи, а також сприяє інноваційному розвитку кожного з учасників, транспортної галузі та/або області (регіону) своєї присутності [35].

Україна має перспективи розвитку транспортно-логістичних кластерів, що підкріплюється стійким зростанням обсягів зовнішньої торгівлі і відповідним зростанням об'ємів перевезень. В Україні сформоване законодавство, яким визначено основні організаційно-правові форми об’єднань та передумови для формування кластерів. На сьогоднішній день розвиток кластерів в Україні значно розширився. Так, можна виділити міста, де було об’єднано організації та підприємства в кластери, найбільшими з яких є Луцьк, Житомир, Рівне, Херсон, Хмельницький та інші. Але існують фактори, які стримують розвиток кластеризації в Україні. До таких факторів можна віднести: відсутність визначення поняття «кластера», його видів, комплексу заходів щодо їх створення; недостатність інформаційного забезпечення створення та функціонування кластерів; недостатня зацікавленість малих та середніх підприємств об’єднуватись у великі виробничі системи; малий досвід функціонування кластерів в Україні; відсутність інвесторів у зв’язку з інвестиційної непривабливістю регіонів.

Для вирішення вищезазначених проблем та усунення їх негативного впливу на подальший розвиток кластеризації в Україні необхідним є здійснення ряду заходів, якими передбачається:

- внесення змін до законодавчих документів щодо поняття «кластер»;

- мотивування потенційних учасників щодо їх зацікавленості у формуванні кластерних груп для підвищення конкурентоспроможності учасників кластеру;

- створення відповідної якісної інфраструктури кластеру;

- сприяння підвищенню ефективності системи підготовки кадрів професійного та безперервного навчання.

Створення кластерів сприятиме росту продуктивності та інноваційній активності підприємств, які входять до складу кластера, а також підвищенню інтенсивності розвитку малого і середнього підприємництва, активізації залучення інвестицій, забезпеченню прискореного соціально-економічного розвитку регіонів розміщення кластерів, що, в кінцевому результаті, дозволить збільшити кількість робочих місць, заробітну плату, надходження до бюджетів усіх рівнів, підвищити стійкість та конкурентоспроможність економіки регіонів [36].

Розробка методологічних засад формування кластерів сприяє підвищенню конкурентоспроможності регіону і дозволяє реалізувати новий підхід до стратегії розвитку регіональної економіки. Метою формування ТЛК є виконання спільних проектів шляхом створення структурованої системи, що об’єднує підприємства, які, в свою чергу, мають співпрацювати між собою в межах кластеру.

Методологія формування ТЛК включає в себе:

- визначення типу кластеру;
- формування його інституційної та організаційної структури;
- визначення складу суб’єктів кластеру;
- проведення кількісного аналізу кластеру і визначення структури взаємозв’язків між його учасниками;

- проведення аналізу конкурентного середовища і інноваційної складової кластеру;
- визначення ступеню успішності кластеру [40].

Перспективна організаційна форма ТЛК дозволяє проводити аналіз ринку послуг, залучати до співпраці профільні підприємства та висококваліфіковані кадри.

Для вибору стратегії діяльності кластеру необхідно формувати його роботу згідно з комбінацією таких ознак:

- територіальна: створення кластерів з різною орієнтацією (регіональні, обласні, великі кластери, з орієнтацією на міжнародні перевезення);
- горизонтальна: входження до складу кластеру підприємств декількох галузей;
- вертикальна: здійснення спільних операцій при перевезенні вантажів, що передбачає обов'язковість узгодження обов'язків виконавців в межах кластеру;
- розрахунково-комбінаційна (алокаційна): забезпечення оптимальною кількістю послуг, що передбачає необхідність комбінування наявних ресурсів та врахування ефекту масштабу;
- технологічна: оновлення рухомого складу та допоміжного устаткування згідно із потребами;
- організаційно-технологічна: об'єднання підприємств в одному управлінському центрі;
- фокусна (центральність): зосередження менших підприємств навколо одного великого, яке в подальшому буде центральним;
- якісна: впровадження інноваційних методів роботи, співпраця між підприємствами, зосередження зусиль всіх учасників в розробці заходів щодо спільного зростання та залучення нових інвестицій.

Розглядати ТЛК потрібно як програму із певною кількістю взаємопов'язаних проектів. Джерелом основного фінансового результату кластеру є координація діяльності учасників у процесі реалізації цих

проектів. Будь-який проект передбачає замовника, виконавця, джерела фінансування, споживачів. Оскільки характерною рисою кластерних проектів є створення нових зв’язків, забезпечення координації, насамперед, при формуванні кластеру необхідно визначитися з ініціатором проекту, з конкретним складом учасників та виконавців. Функціонування кластеру можливе лише за певних умов, таких як: зацікавленість бізнесу, якому вигідно підвищити прибутковість своєї діяльності за рахунок кластерної кооперації; підтримка регіональної влади, що відіграє роль каталізатора формування кластера; формування інноваційного середовища, що сприяє взаємодії учасників, підтримка малого і середнього бізнесу [41].

1.3 Аналіз відомих методів дослідження інтегрованих транспортних процесів

Оскільки інтегрований транспортний процес (ІТП) відноситься до складних систем, то для його дослідження аналітичні моделі є непридатними. Тому, у більшості випадків, такий процес досліджується за допомогою симуляційних моделей. Симуляційні дослідження спільної логістики, засновані на реальній обстановці в німецькій харчовій промисловості, були представлені, наприклад, в роботі, [43]. Автори демонструють явну перевагу стратегії кооперації над результатами, що не пов'язані із нею. Запропоновані евристики перевіряються на динамічній та стохастичній системах логістики в умовах повторності, використовуючи дискретне моделювання подій. В роботі [28] автори представили імітаційне дослідження механізмів обміну запитами для реального співробітництва. Багатоагентна система, що реалізує розподілений ієрархічний алгоритм для спільного планування перевезень, оцінюється в роботі [43]. У роботі [44] дослідники вивчають співпрацю дрібних продавців щодо присутності невизначеності, яка імітує процес Маркова щодо прийняття рішення. У статті [45] автори обговорюють потенційні переваги співпраці у ланцюгах постачань із стохастичними вимогами. У згаданій статті [45] кількісно оцінюють потенційні переваги

горизонтальної співпраці у міських перевезеннях в умовах невизначеності із використанням сихевристичного підходу для порівняння кооперативних та некооперативних сценаріїв, застосовуючи евристичний підхід Квінтеро-Араухо та ін.

Огляд поточної літератури з питань логістичного співробітництва на тему розподілу ресурсів між перевізниками показує, що можна виділити різні методи для розподілу спільного прибутку або витрат. Пропорційні механізми розподілу − це такі механізми, що використовують концепції теорії ігор та методи розподілу, які призначені для подолання додаткових властивостей співпраці (механізми розподілу з додатковими бажаними властивостями).

На практиці найбільш часто використовуваним механізмом розподілу прибутку або витрат є метод пропорційного розподілу [46]. У цьому випадку спільний прибуток розподіляється співпрацюючими підприємствами однаково, виходячи з їхнього індивідуального рівня витрат (самостійних витрат) або обсягу вантажу, який вони повинні транспортувати як результат їх участі у співпраці. Причина широкого використання методики пропорційного розподілу полягає в тому, що її легко зрозуміти, обчислити та застосувати. Однак це не гарантує довгострокової стабільності співпраці, оскільки можливо, що окремий партнер покине партнерство, враховуючи той факт, що він може отримати більші вигоди працюючи на індивідуальній основі [46]. Навіть якщо партнерство є стабільним, воно все одно може вважатись причиною несправедливого розподілу коаліційних вигод. Тому як такий, він далі не розглядається у цій роботі.

Відомі механізми розподілу, що засновані на теорії кооперативних ігор. Горизонтальне логістичне співробітництво чітко відповідає структурі кооперативної гри. Партнери, що співпрацюють, обмінюються замовленнями чи ресурсами, а взамін отримують або здійснюють платежі. Цей процес співпраці призводить до розподілу вигод або витрат для кожного учасника, що може вважатися рівноцінним результату спільної гри [47]. Більш того, дослідники вважають, що переваги застосування теорії ігор у контексті

логістичного співробітництва полягають у тому, що ці методи розподілу враховують різні внески учасників альянсу, та, що вони визначають механізми, які розподіляють вигоди від співпраці на основі властивостей справедливості.

Методом розподілу, заснованим на засадах теорії ігор, є значення Шейплі [48]. Це значення розподіляє кожному учаснику середньозважене значення його внесків до всіх коаліцій/підкоаліцій, припускаючи, що велика коаліція формується по одній компанії за раз. Детальний теоретичний опис та чисельне застосування класичного значення Шейплі до проблеми розміщення об'єкта кооперації можна знайти відповідно в розділах «Механізми розподілу витрат: Опис, розрахунок та властивості» та «Експериментальне проектування та чисельні результати». Іншим основним механізмом розподілу, що підтримується теорією ігор, є «ядро». Ця процедура розподілу прибутку або витрат, розроблена Шейплі [48], має чітку властивість мінімізувати максимальне перевищення, як зазначено раніше. Ядро є унікальним, і якщо ядро − не порожнє, воно забезпечує стабільний розподіл. Однак цей механізм розподілу не враховує внесок окремих учасників у коаліцію. У порівнянні зі значенням Шейплі, розрахунок ядерця є досить складним, оскільки передбачає вирішення ряду лінійних рівнянь. Результати наближення величини Шейплі, ядерця та ядра щодо розподілу заощаджень в контексті горизонтальної співпраці вантажовідправників, можна порівняти до розв'язання NP складних задач в сильному змісті [50].

Запропонована в роботі [49] методика щодо формування та вибору раціональних стратегій діяльності транспортно-експедиторських підприємств (ТЕП) за допомогою математичного апарату теорії ігор передбачає вибір технології обслуговування вантажовласників, яка забезпечує оптимізацію сформованого критерію ефективності з урахуванням ресурсних обмежень, технологічних можливостей учасників транспортно-експедиційного обслуговування (ТЕО) та бюджетних обмежень вантажовласників.

Автори Краєвська та Копфер [51] пропонують більш складну модель розподілу прибутку на основі теорії ігор у поєднанні з аукціонними механізмами. По-перше, спільний прибуток максимізується за допомогою комбінаторних методів аукціону для оптимального обміну замовленнями клієнтів. Потім трансферні ціни використовуються для розподілу спільних заощаджень між партнерами таким чином, щоб поточний фінансовий стан кожного партнера, принаймні, підтримувався на сталому рівні (індивідуальна раціональність). Крім того, залишковий прибуток, створений у процесі співпраці, розподіляється між співпрацюючими партнерами на основі показників переваг співпраці. Ці показники враховують індивідуальний внесок різних учасників у співпрацю.

В роботі [52] автори зазначають, що відповідний механізм розподілу замовлень між перевізниками може базуватися на розподілі загальних спільних витрат на відокремлювані та нерозривні витрати. На першому етапі процедури розподілу кожному учаснику розподіляються його відокремлювані або граничні витрати, що відображає збільшення загальних спільних витрат, коли цей перевізник приєднується до співпраці. По-друге, решта загальних витрат, позначених як невід'ємні витрати, розподіляється між співпрацюючими підприємствами відповідно до їх конкретної вагомості. Таким чином, механізм розподілу враховує різні впливи підприємств, що співпрацюють, на загальний рівень логістичних витрат. Автори описують три версії методів розподілу витрат, які не можна розділити, а саме: метод рівних зборів (РЗ), метод уникнення альтернативних витрат (УАВ) та метод розриву витрат (РВ), які відповідають різниці у вибраних вагомостях та характеристиках розподілу.

На ранніх етапах зростаючого горизонтального співробітництва може бути корисним для комунікації та ведення переговорів первинний розподіл, де відносні переваги підприємств-учасників максимально схожі. З цією метою Frisk [52] розробляє метод рівного прибутку. Цей метод розподілу

прибутку має на меті знайти стабільний розподіл, який мінімізує найбільшу відносну різницю в економії витрат між будь-якою парою співпрацюючих партнерів. Лю та співавтори [53] розробляють подібну процедуру, позначену як «Модель зважених відносних заощаджень», яка додатково враховує різні рівні внесків співпрацюючих підприємств.

Огляд літературних джерел показує, що існує широкий спектр можливих механізмів розподілу замовлень між підприємствами, які об’єдналися для співпраці. Оскільки кожен метод має свої конкретні переваги та недоліки, залишається неоднозначним, який із них може гарантувати стабільність та стійкість в умовах розташування об'єктів коаліції. З цієї причини в роботі [54] проводиться великий порівняльний аналіз, заснований на затвердженій статистичній техніці, що застосовує три різні механізми розподілу до тематичного дослідження у Великобританії.

Три методи, запропоновані в цій роботі, а саме значення Шейплі, метод альтернативних витрат, та метод рівного прибутку, вибрані з наступних причин. По-перше, оскільки поточні літературні джерела, орієнтовані на замовника, вирішують проблему розподілу виключно за допомогою теорії ігор, цікавими є дослідження її порівняння з іншими методами. Більше того, основні теоретичні механізми теорії ігор можуть викликати питання щодо математичної складності, застосовності, прозорості, справедливості та стабільності на практиці. Перевага методу альтернативних витрат може бути мотивована її прозорістю, простотою використання та зрозумілістю. Крім того, цей метод, на відміну від інших методів, враховує різні рівні внесків усіх партнерів по коаліції. Як вже зазначалося, на ранніх етапах зростаючого горизонтального співробітництва для комунікації та ведення переговорів може бути корисним мати початковий розподіл, де відносні вигоди підприємств-учасників коаліції є якомога рівнішими. З цієї причини ще однією бажаною властивістю кооперативних методів розподілу витрат може

бути те, що визначаються розподіли з мінімальними різницями у відносній економії всіх партнерів.

На рис. 1.4 наведений візуалізований приклад багатозонної двоступеневої мережі постачання при виконанні замовлень на перевезення різними перевізниками.

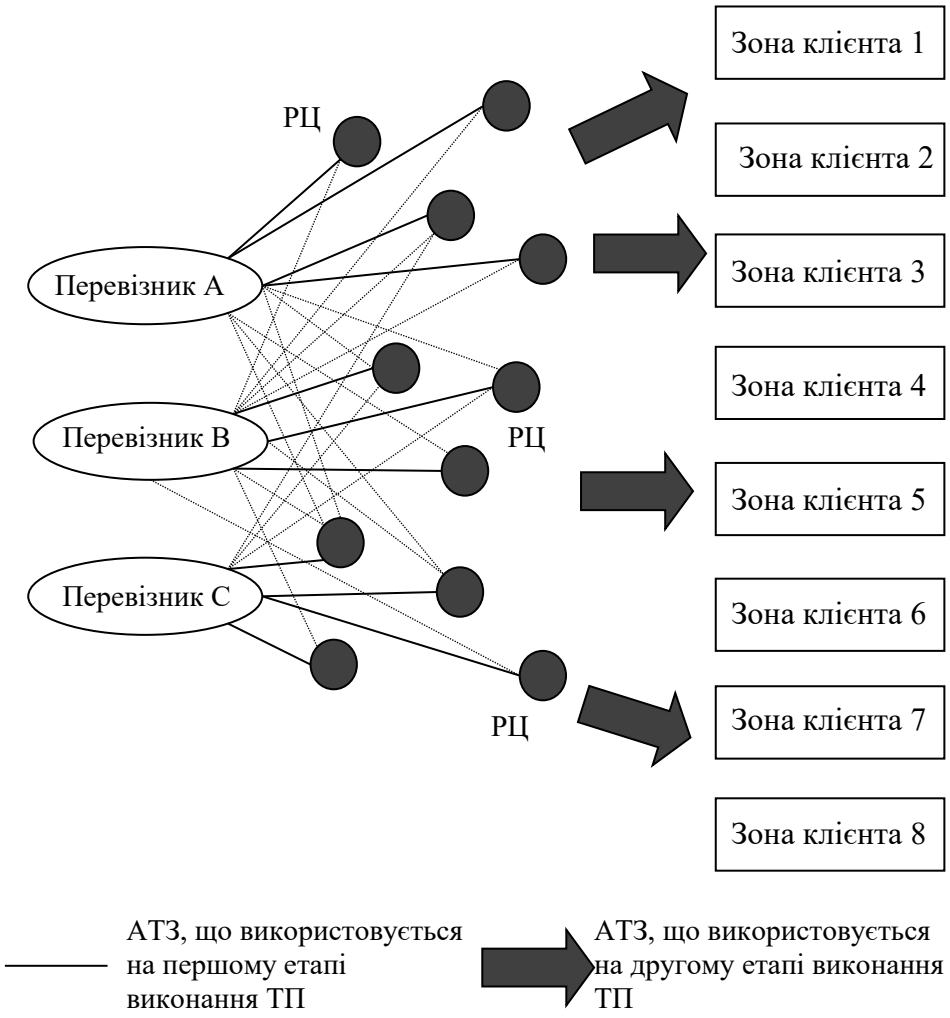


Рисунок 1.4 − Схема багатозонної двоступеневої мережі постачання

На наведеній схемі перевізник А спочатку володіє чотирма постійними потоками. Однак, внаслідок співпраці з перевізниками В і С, перевізник А також може транспортувати свої вантажі до різних зон клієнтів через розподільчі центри (РЦ), які належать його партнерам. Метою моделі розташування кооперативних об'єктів є розподіл розподільчих центрів між

перевізниками, які беруть участь у виконанні замовлень, з метою зменшення витрат та підвищення ефективності розподілу.

Подібно до традиційних проблем з розміщенням об'єктів, метою взаємодії підприємств-партнерів є мінімізація функції загальних витрат, враховуючи як постійні витрати на утримання постійних працюючих розподільчих центів відкритими, так і всі первинні та вторинні транспортні витрати. Рішення, які слід прийняти, стосуються таких питань як: яке кооперативне партнерство формується (вибір перевізника), які РЦ відкрити, яким чином призначати виконання перевезень потоків вантажів. Враховуючи перше рішення, заздалегідь визначається, які перевізники будуть брати участь у коаліції та нададуть дозвіл на використанням своїх РЦ. Таким чином, вплив горизонтальної співпраці можна оцінити для різних структур співпраці за допомогою експериментального дослідження.

У своїх роботах, пов’язаних із продуктовим сектором, автори Капуто та Мінінно [55] є одними з перших, хто звертається до горизонтальної співпраці у техніці. Ці автори підкреслили потенційні переваги, які може забезпечити «співпраця між установами, що знаходяться на одному рівні».

До 2006 року лише в декількох публікаціях прямо згадувалося про РЦ при використанні наземного транспорту. У роботі [55] перелічені ці публікації, а короткий виклад − їх основний внесок у сферу вантажних перевезень. Переломний момент відбувся приблизно в 2007 році, коли ця тема стала набагато популярнішою. Видатні розробки, такі як роботи Круйссена та інших [56], підвищили рівень горизонтальної кооперації та створили основу для майбутніх досліджень. Схема можливих горизонтальних відносин між підприємствам зображена на рис. 1.5.

Однією з важливих задач функціональної оптимізації інтегрованих процесів є обґрунтований вибір спеціалізації виробничих підрозділів – моно- чи багатопредметна спеціалізація, а якщо вона багатопредметна, то – на номенклатуру яких марок чи моделей об’єктів вона розрахована.

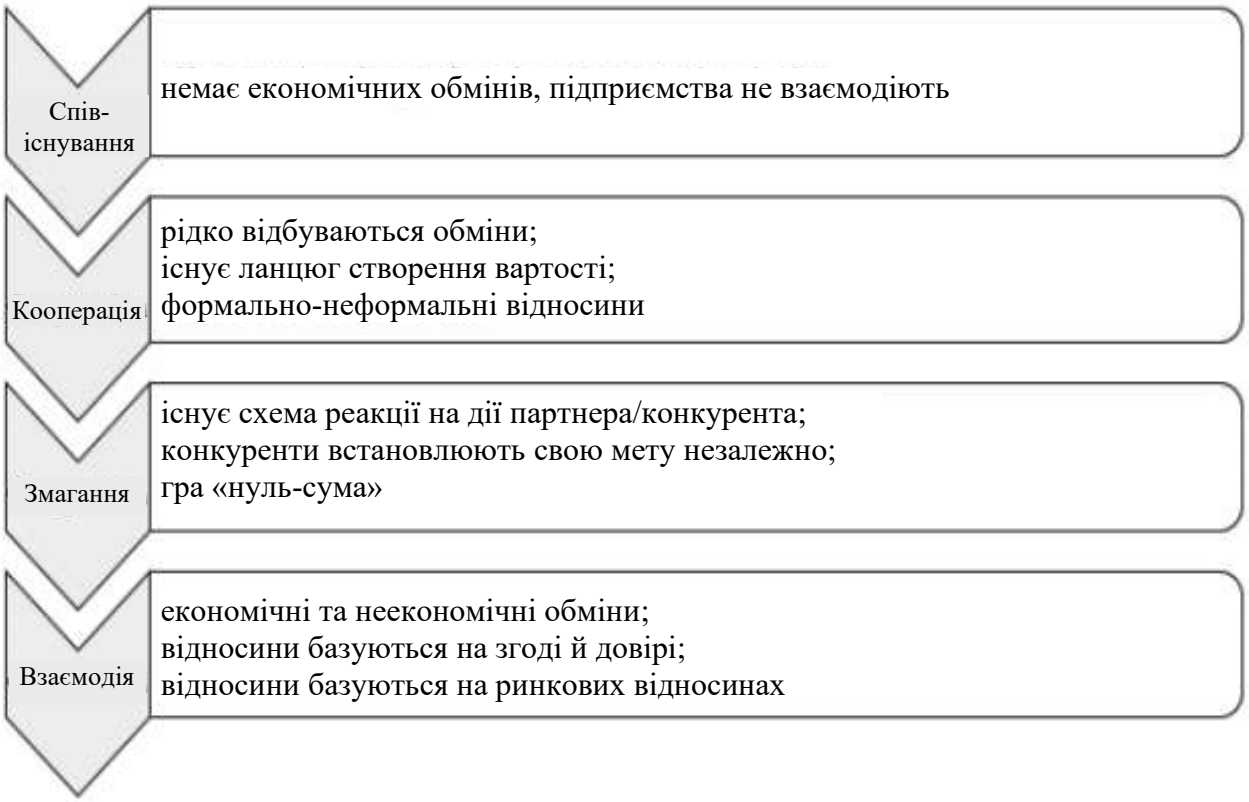


Рисунок 1.5 − Схема горизонтальних відносин між підприємствами

Помилки в обґрунтуванні спеціалізації виробничих підрозділів призводять до суттєвого зменшення ефективності виробництва впродовж усього періоду експлуатації. Дослідження таких ліній чи дільниць стосовно ремонтного виробництва, з урахуванням кооперації підприємств на основі сумісності процесів, виконано в роботі [58]. Окрім того, такі помилки надзвичайно складно, а іноді взагалі неможливо виправити. Підставою для обґрунтування спеціалізації технологічних ліній, переважно, є подібність чи відмінність конструкції об’єктів обслуговування, а для обґрунтування спеціалізації технологічних дільниць – однотипність застосовуваної технології. Зазначені умови є необхідними, однак не достатніми для визначення спеціалізації, яка тісно пов’язана із кооперацією. На думку автора, необхідні й достатні умови для об’єднання в спільному потоці технологічних процесів ремонту різних об’єктів визначає властивість організаційно-технологічної сумісності [58]. Ця властивість залежить від

значення загальної програми ремонту W_p і від співвідношення часткових програм ремонту різних об'єктів у загальній програмі $\sum W_p$. Для кількісної оцінки властивості організаційно-технологічної сумісності запропонована система показників, які розраховуються за умови, що будь-які співвідношення часткових програм ремонту різних об'єктів у спільному потоці – це рівноймовірно розподілені випадкові величини. Однак у ремонтному виробництві програма формується відповідно до кількості об'єктів ремонту N_j в зоні обслуговування підприємства, інтенсивності експлуатації цих об'єктів і показників їх надійності. Тому програма ремонту впродовж циклу експлуатації машини певної марки (моделі) T_j, який може перевищувати 20 років, є нестабільною. Показано, що програму ремонту j-го об'єкта можна розглядати як випадкову величину, для прогнозування значень якої в окремі роки циклу експлуатації об'єкта t_j можна використати залежність на основі нормального розподілу W.

До сформульованої вище проблеми конкурентоздатності та взаємодії автотранспортних підприємств дотичними є завдання, пов'язані із складанням розкладу для парку АТЗ. Однак, задачі по складанню розкладів розрізнених груп автотранспортних засобів і раніше [50] і до цього часу [59] вважались і вважаються NP-складними, і для них неможливо запропонувати алгоритм пошуку точного розв'язку. Складність задачі побудови оптимального розкладу роботи групи АТЗ, які взаємодіють, зростає поліноміально із збільшенням кількості операцій (виконань замовлень на перевезення вантажів). Крім того, такі задачі не відображають цілком зміст проблеми підвищення ефективності взаємодії автотранспортних підприємств, адже оптимальні розклади показують лише часове впорядкування транспортних процесів.

Системний підхід до процесу виконання вантажних перевезень розроблений в роботах автора В. Наумова. Зокрема, в монографії [60] подано глобальне вирішення проблем експедирування, які торкаються аутсорсингу транспортних послуг. Однак, питання взаємодії автотранспортних

підприємств без зовнішнього регулятора автором не розглядаються. Велику увагу дослідник, а також інші дослідники [30, 61, 62], приділяють використанню терміналів, як об'єктів більш тісної взаємодії автотранспортних підприємств та інших операторів логістичного ринку.

Взаємодія АТЗ підприємств, які не об'єднані спільним виробничим розкладом, розглядається в статті [64]. Автори застосовують мультиагентний підхід в симуляції процесів, як основний метод дослідження. Отримані результати імітаційного моделювання (ІМ) оцінюють за двома показниками: середній час очікування початку обслуговування та рівень обслуговування (кількість виконаних перевезень/кількість замовлень). Однак, в цій статті немає різноманіття стратегій АТП щодо досягнення вищого рівня ефективності використання парків АТЗ, тому у висновках не пропонується шляхів розв'язання проблеми. Імітаційне моделювання доволі часто застосовується при дослідженні паралельних процесів на транспорті (розгалужених логістичних ланцюгів, парків АТЗ, паралельних постів обслуговування). Потрібно відмітити позитивні результати, які досягаються при цьому. Однак, імітаційна модель не розкриває сутності інтегрованих процесів [66].

Дослідження [67] показують реальні вигоди від обміну інформаційними ресурсами, наявними в різних ланках логістичних ланцюгів постачання. Однак, вказані авторами статті розробки не можна цілком застосувати для автомобільних автотранспортних підприємств, які конкурують між собою і рідко утворюють сумісний ланцюг постачання.

Математичну модель, яка частково дає вирішення проблеми недовантаження АТЗ, зокрема, автопоїздів, представлено в роботі [68]. Однак, запропоновані методика і алгоритм не можуть забезпечити бажаної ефективності використання парку АТЗ в умовах стохастичного вхідного потоку замовлень. У статті також представлене рішення для розподілу вигоди в консорціумах логістичних постачальників, де спільне планування поставок вантажними автопоїздами дає змогу скоротити порожній пробіг.

Висококонкурентний характер ринків вантажних перевезень потребує дій, які відрізняються для постачальників транспортних послуг за їх характеристиками, навіть у ситуаціях, що мають лише двох учасників. Автор пропонує рішення, яке задовольняє такі властивості. Проте, виконані дослідження стосуються лише проблеми недовантаження автопоїздів. Питання простою і порожнього пробігу, як інші негативні наслідки невдало скоординованої роботи груп АТЗ, не розглядаються.

У роботі [69] автори запропонували засоби пошуку ефективного шляху трансформації АТП, особливо при виході з кризових ситуацій. І для цього підтверджується, що найефективнішим методом дослідження є імітаційне моделювання. Однак, в статті не було представлено прикладу застосування імітаційної моделі та підтвердження її адекватності.

У статті [68] пропонуються нові, засновані на обробці статистичної інформації, стратегії прийняття рішення про вибір раціонального перевезення у зворотному напрямку. Але її автор не врахував, що інформація, яка надходить одному перевізнику з різних джерел (у тому числі − від партнерів і від конкурентів), може бути більш повною, якщо є відповідне поєднання інтересів. Тому дана публікація стосується лише одного суб’єкта транспортного процесу і не може бути застосована для встановлення закономірностей взаємодії АТП.

Ефекти підсилення інформаційних потоків при взаємодії партнерів в логістиці поставок розглянуті авторами статті [70]. Однак ця публікація носить лише описовий характер і не розкриває умов досягнення такого ефекту. У статті надано достатньо повний аналіз літературних джерел стосовно кооперації в логістичних ланцюгах. Описано 28 факторів, які впливають на ефективність кооперації. Однак, в ній відсутні джерела, які вказують на співпрацю підприємств, які не поєднані спільними цілями або ж виконують єдину виробничу задачу.

Важливість використання достовірних прогнозів при організації взаємодії логістичних підприємств доводить автор дисертаційного

дослідження [71]. Запропоновані в роботі результати було частково використані стосовно визначення загальної проблеми.

Деякі застереження стосовно побічних негативних ефектів від об’єднання автотранспортних підприємств для виконання спільної виробничої задачі були також взяті до уваги зі статті [72].

Характерною рисою виконання міжміських і міжнародних автомобільних перевезень вантажів є великий пробіг АТЗ на маршрутах. Для підвищення ефективності даного виду перевезень необхідно приділяти особливу увагу процесу пошуку і вибору зворотних завантажень. Задача вибору вантажів для перевезення в прямому або зворотному напрямку є частково вирішеною, що пов’язано з розвитком транспортно-інформаційних порталів в мережі Internet. Однак проблема вибору раціонального варіанту перевезення з множини альтернативних завантажень залишається актуальною. Рішення про прийняття того чи іншого вантажу до перевезення в даний час приймається менеджерами автотранспортних підприємств на основі інтуїтивних, заснованих на особистому практичному досвіді, рішень. Як правило, такі стратегії прийняття рішення про вибір раціонального перевезення у зворотному напрямку зводяться до того, що АТЗ перевозить той вантаж, час очікування якого − мінімальний. У дисертаційній роботі [73] пропонуються нові, засновані на обробці статистичної інформації, стратегії прийняття рішення про вибір раціональної зворотної їздки. Проте, в якості методики вибрано статистичне моделювання, яке дало автору змогу прийняти одну з альтернативних стратегій побудови транспортного циклу. Це є недеталізована методика, яка не дає змогу виробити гнучку стратегію в умовах, коли є можливість скористатись доступною інформацією.

Метод оцінки попиту на транспортно-експедиторські послуги запропонований в статті [74]. Цей метод дає змогу визначати параметри потоку замовлень на перевезення, як випадкових змінних характеристик вхідного потоку. Також розглянута можливість оцінити інтенсивність потоку та визначити закон розподілу замовлень по географічних регіонах на основі

загальнодоступних даних. Отримані в цьому дослідженні числові параметри попиту можуть бути використані як основа для моделювання потоку замовлень при вирішенні проблем підвищення ефективності надання послуг з експедирування вантажів. Однак, запропоновані дослідження не розкривають причин низької ефективності використання парку АТЗ одного перевізника. Також відсутнє відображення часових допусків на виконання замовлень. У запропонованій методиці неможливо відобразити взаємодію окремих АТЗ, що є, насправді, вагомим ресурсом покращення їх використання.

Питання взаємодії парку АТЗ частково розкриті в публікації [75]. Автори розглядають організацію виконання випадкових разових замовлень. Однією з причин широкої популярності використання вантажовласниками такої форми укладання договорів, як «разове замовлення», є потужний розвиток інформаційних технологій, що спричинив появу та успішне функціонування спеціалізованих логістичних сайтів. Автор застосовує теорію масового обслуговування (ТМО) для планування сукупності таких замовлень, а для верифікації застосовує ІМ. Проте, сумнівними видаються припущення автора про найпростіший потік таких замовлень, особливо, якщо йдеться про спеціалізовані вантажі або обслуговування невеликого регіону, або використання малого парку АТЗ. Також не враховано, що замовлення мають допустимі терміни виконання, так звані часові вікна, лише в межах яких можна їх виконати, інакше замовлення переходить до конкурента. Зрештою, як результат, в роботі пропонуються три стратегії роботи перевізника. Однак не враховується, що ринок вантажних перевезень може бути з ситуаційною перевагою пропозиції над попитом, або навпаки.

Практика аналітичного та ІМ складних систем, до яких відносять логістичні ланцюги (ЛЛ), детально розглянута в роботі [76]. Наголошується, що наведені дані і проведені дослідження є такими, що найбільш широко використовуються в дослідженні ТС. Однак, головний підхід до моделювання − об’єктно-орієнтований. Недоліком його є відсутність можливості саморозвитку використаних об’єктів, оскільки множина

використаних методів є обмеженою. Отже й сама ІМ може швидко застаріти за короткий термін із зростанням вимог до неї. На даний час об'єктно-орієнтований підхід поступається аґентному.

Саме моделювання процесів фізичного переміщення в часі і просторі різного роду матеріальних об'єктів відноситься до «класичного» моделювання процесів з дискретними подіями (discrete event simulation), як це представлено в статті [77]. Метою даної роботи є виклад індивідуального досвіду побудови концептуальних моделей логістичних систем. Також були перевірені сформовані на сьогоднішній день колективні уявлення про деякі добре відомі наукові й інженерні ідеї щодо реальних ЛЛ. Однак неможливо погодитись із тим, що створенням ІМ мають займатись лише професійні установи, які мають глибокі знання про відповідні методи. Адже в умовах, коли потрібно дослідити загальні закономірності вхідних потоків, більш необхідними є знання і досвід щодо фізичної сутності процесів, аніж щодо методів обробки вхідної інформації. Так, зокрема, на основі досвіду і спостережень за реальними процесами подібних явищ, вчені відкрили потенціал стохастичних періодичних (циклічних) процесів [78]. Головною перевагою циклічних систем є можливість їх розвитку і саморозвитку, адаптації на основі отриманої інформації, яка має також періодичний характер. Для автоматизації та спрощення аналізу процесів зі змінним періодом, а також для підвищення рівня об'єктивності та достовірності аналізу таких процесів, важливою є наявність високих інформаційних технологій. Збіг обставин і можливості використання цієї інформації у вхідних потоках замовлень на перевезення вантажів дозволяють визначити засоби для досягнення вищого рівня ефективності при обслуговуванні стохастичного потоку замовлень.

Якщо найбільш ефективні стани об'єкта управління (парку рухомого складу перевізника) є відомими на основі циклічного перебігу процесу у минулому, то до них з високою ефективністю можна застосувати апарат

теорії загибелі і розмноження [80]. Однак, поки що, подібних обґрунтованих підходів в галузі ТП не представлено.

В статті [74] для розгляду моделі ринку експедиторських послуг, як логістичної задачі доставки вантажів, пропонується виділяти такі групи елементів: вантажовласники, перевізники, вантажні термінали (3PL-оператори) і експедитори (4PL-оператори). Запропонований поділ вносить більшу визначеність у дослідження вхідних потоків. Однак, в умовах інтеграції об'єктів даного ринку, цей поділ є досить умовним, адже логістичні функції підприємств не розподілені. Результати проведених автором досліджень дозволяють стверджувати, що інтервал надходження заявок на обслуговування вантажовласників розподілений за експоненціальним законом. Обсяг партії вантажу і відстань доставки − за гамма-законом, якщо експедитор обслуговує більше, ніж 8 клієнтів. При цьому розподіл вихідних потоків заявок вантажовласників невідомий. В умовах кооперації вантажовласників (залежності вхідних потоків) ці дослідження частково втрачають сенс.

Огляд досліджень, викладений в статті [80], виявив характеристики вибору режиму виконання вантажних перевезень, здійснених вантажовідправниками та перевізниками із впровадженням нових систем вантажоперевезень. Використовуючи індивідуальні моделі поведінки, автори встановили, що ІМ, які класифіковані за відстанями доставки та іншими параметрами, мають статистичне значення. Однак, враховуючи те, що тривалість руху АТЗ, яка використовується в ІМ, є апостеріорною випадковою величиною, необхідними є подальші дослідження для можливості застосування нового значення часу виконання їздки, яке відображатиме апріорні характеристики нового АТП в майбутньому. Вагомим недоліком застосованого в роботі підходу є те, що моделі поведінки є, найчастіше, необ'єктивними, не відображають інтересів більшості учасників ТП.

Вивчення потоків замовлень на обслуговування в їх загальному вигляді має, переважно, теоретичний характер. В прикладних дослідженнях увагу спеціалістів привертають окремі класи потоків, що наділяються певними ознаками. Серед таких класів найбільш вивченими є найпростіші потоки, тобто ті, для яких виконуються умови стаціонарності, ординарності і відсутності післядії [81]. Моделлю найпростішого потоку є стаціонарний пуассонівський процес (потік). На базі цієї моделі розроблено аналітичні та статистичні методи їх досліджень. Проте, як показує практика, не для всіх потоків виконуються перераховані вище умови, тобто не всі потоки можуть бути зведені тільки до стаціонарних [82]. Можна навести приклади, коли порушується одна чи навіть дві із цих умов.

На даний час відомо багато спеціалізованих та універсальних програмних засобів для створення і виконання симуляції транспортного процесу (ТП). Достатньо повні огляди і аналіз імітаційних моделей наведено в роботах [86, 87]. Загальним недоліком усіх проаналізованих методів є те, що будь-яка ІМ є неточною, а міру цієї неточності важко встановити відразу, а лише після чималої кількості циклів моделювання. Крім того, відтворення реальних ТП в модельному часі відбувається за єдино встановленими правилами. Реалізація моделі не враховує, що на певному етапі агенти (елементи, які створюють події) можуть отримувати додаткову інформацію для прийняття більш раціонального рішення. А тому весь подальший перебіг процесу може бути іншим.

Тим не менше, ІМ становлять зараз головну множину найбільш придатних засобів для дослідження ТП. Однак зміни на ринку транспортно-експедиторських послуг призвели до того, що в моделях застосовується аґентно-орієнтований підхід [64]. Зміст його полягає в тому, що виділяється деяка множина агентів, які здатні автономно приймати рішення для вирішення поставленої задачі в умовах перебування в оточуючому середовищі. З одного боку, це розширює область значень для пошуку оптимального варіанту структури ЛЛ, з іншого − вносить додаткову

невизначеність у модель. Це значно ускладнює застосування відомих методів оптимізації. Об’єкт дослідження характеризується широким спектром довільних вхідних даних та широким спектром критеріїв якості кінцевої системи. Середовище, в якому існує об’єкт, характеризується високим ступенем невизначеності.

Значні складнощі вносить в оптимізацію сукупності ЛЛ стохастична природа вхідних потоків (замовлень). Зокрема, в дослідженнях [65] приймалось, що вхідні потоки є незалежними. З таким припущенням важко погодитись, враховуючи процеси інтеграції, наявні в сфері вантажних перевезень. Наявність інформаційних потоків, інтеграція транспортних підприємств приводять до того, що прийняття рішення в системах масового обслуговування, яким є транспортно-логістичне обслуговування вантажопотоків декількох суміжних регіонів, є складною задачею з високим рівнем невизначеності. У дослідженнях [66, 67] авторам вдалося частково вирішити проблему невизначеності в правилах імітації процесів шляхом декомпозиції загальної задачі на простіші із застосуванням інформаційних технологій, зокрема методів паралельного обчислення. Однак відомо, що ІМ є тим точнішою, чим більший обсяг вхідних даних використаний. Запропоновані методики підвищують лише продуктивність обчислень, але є обмеженими стосовно масиву вхідних даних.

Доволі часто задачі організації ТП є задачами експоненціальної складності. Збільшення розміру початкових даних (кількості транспортних пунктів, маршрутів, АТЗ тощо) на одиницю призводить до *e*-кратного збільшення необхідного часу для пошуку оптимуму; подвоєння розміру даних збільшує необхідний час у квадрат. У статті [85] показано приклади таких задач, але не розв’язана проблема розмірності.

Для вирішення сформульованої проблеми застосовують різні класи детермінованих моделей зовнішнього середовища. В межах кожного класу вхідний потік замовлень можна описати параметрично. Властивості повторюваності та стохастичності характерні більшості випадкових потоків,

що зустрічаються в природі та технічній діяльності людини. Використання підходу, що ґрунтується на періодичних корельованих випадкових процесах, до аналізу та моделювання вхідних стохастичних потоків дає змогу якнайкраще описати властивості транспортних систем. При цьому враховують регулярні, детерміністичні закони, а також випадкові завади і збурення, що можуть нести як корисну, так і некорисну інформацію про систему. Великої уваги у вирішенні проблеми моделювання ТМО такого класу заслуговують періодичні потоки [90]. Їх основною перевагою є те, що стохастичні періоди, які відтворюються із певним тактом, є джерелами інформації для корегування правил наступних кроків моделювання. Однак, теорія стохастичних періодичних потоків є мало розвиненою на даний час. Тому першочергово потрібно виявити вплив параметрів періодичних потоків на перебіг ТП.

Про важливість ІМ при розв’язуванні широкого кола транспортних задач, а також про історичний розвиток методів імітаційного моделювання наголошено в статті [91]. Вказано очевидні переваги цих методів. Однак автори упускають відомі недоліки, зокрема − неточність відтворення об’єкта дослідження. У статті не наводяться конкретні результати, які б аргументували успішне застосування імітаційного моделювання. Зокрема відсутнє вирішення проблеми завантаження системи обслуговування при стохастичному вхідному потоці замовлень в умовах зростання кількості суб’єктів ринку послуг.

ІМ найчастіше використовують у дослідженні мультимодальних ТС. Вагомі результати імітаційного моделювання можна відмітити в напрямку мультимодальних перевезень із відображенням взаємодії транспортних засобів у вузлах мережі [92]. Зокрема, в роботі [93] зроблено огляд методів моделювання матеріальних потоків в логістичних системах. Найбільшої значимості надається методам ТМО і мережам Петрі. Автори статті [92] наголошують, що найбільш вагомим недоліком обох методологій є те, що в них відсутній опис в явному вигляді поведінки, а саме − динаміки зміни

станів ТП. Виконаний аналіз методів дав підстави стверджувати, що їх треба обирати гнучко, враховуючи властивості конкретної логістичної системи.

Сучасні методи розв'язування задач імітаційного моделювання суттєво полегшені застосуванням універсальних комп'ютерних програм. Відомі пакети імітаційного моделювання Simulink (The MathWorks, США), VisSim (PTV Planung Transport Verkehr AG, Німеччина), Model Vision (MicroSoft Corporation), IBM Statemate HyTech (IBM Corporation), AnyLogic (The AnyLogic Company, Росія). Однак, для більш глибокого аналізу ТП потрібно створювати спеціалізовані процедури і функції. Наприклад, в представлених результатах [87] використано універсальну мову програмування Python для написання нових програмних продуктів. Спеціалізовані алгоритми і програмне забезпечення використані в роботі [90]. Критерієм успішності роботи алгоритмів в дослідженнях [89, 90] було обрано час повернення системи, яка моделюється, у відповідність до заданого змінно-добового завдання. На базі розроблених ІМ виконано експерименти на декількох простих модельованих тестових структурах ЛЛ. Імітаційні експерименти показали працездатність розроблених алгоритмів при їх застосуванні до диспетчеризації. Однак, не дивлячись на власну гнучкість, використаний алгоритм, що базується на застосованих сценаріях перетворення матеріальних потоків, не може вирішити проблему ефективного використання вже доступної інформації, або застосувати прогнозування на основі апріорної інформації. Тому для досягнення поставленої мети він не є придатним.

ІМ виявилося неоціненним методом експериментування та вивчення сценаріїв у різних сферах розробки стратегії і тактики перевізника. В роботі [94] представлене використання ІМ в аналізі стратегій АТП на ринку перевезень. Нажаль, ІМ широко не використовуються для стратегічного планування на транспорті. Через це важко перевірити адекватність їх результатів. Причина цього − відсутність ефективних методик, здатних не

просто мінімізувати ризик перевізника, але й проаналізувати та обробити вхідну інформацію, яка відображається з потоку замовлень.

Аналіз переваг і недоліків існуючих методів моделювання ТП наведений в статті [95]. Викладені результати доводять, що особливо продуктивним є сполучення в одному дослідницькому процесі ІМ та математичного програмування. Проте, основною метою поданих результатів було наукове обґрунтування методів, моделей та інструментальних засобів інформатизації управління ТП. Дослідженню вхідних потоків і вибору стратегії та методів управління ТП в статті приділено дуже мало уваги.

Для дослідження вантажопотоків наукові установи широко застосовують ІМ, а останніми роками − імітаційне мікромоделювання [96]. Вчені передбачають, що і в подальшому обсяги перевезення вантажів зростатимуть. Мікросимуляцію діяльності АТП з виконання процесу перевезення вантажів називають єдиним шляхом, який дає змогу відобразити в широких масштабах задоволення зростаючого попиту на перевезення. Підходи, що базуються на діяльності, передбачають місце, час, тривалість, спосіб і маршрут перевезень та інші характеристики. Зазвичай, експерт з мікросимуляції транспортного процесу закладає основу для розробки більш поведінково-реалістичної та надійної моделі попиту на фрахт, що буде здатна аналізувати різні політики АТП. Основною мотивацією дослідження був вибір поведінки АТП у США при виконанні вантажних перевезень, і тому було проведено загальнодержавну мікросимуляцію. Основним недоліком досліджень такого роду є їх сукупний характер, який перешкоджає розвитку мікросимуляції на основі індивідуального агента. Це є ключовим недоліком, який серйозно поставив під сумнів практичність моделей на сучасних ринках вантажних перевезень, де посилення глобалізації все більше спонукає транспортні підприємства застосовувати концепції управління ЛЛ. У цьому дослідженні було розроблено широкомасштабну поведінкову структуру. Не враховано також, що використання нових принципів опрацювання вхідних

потоків та вхідної інформації, яке базується на відомих закономірностях, дає значно вищий ефект, ніж обґрунтування рішення про вибір конфігурації ЛЛ.

1.4 Аналіз дослідження вхідних потоків за сумісністю замовлень

Впродовж 80-90-х років минулого сторіччя значна увага приділялась вченими функціональним залежностям між елементами потоків замовлень [96]. Залежності порядку (ЗП) описують взаємозв'язок порядку між списками об'єктів у вхідній інформації, зокрема, коли інформація стосується замовлень, які виникають. ЗП можуть допомогти зрозуміти семантику наборів даних та комп'ютерних програм, що їх обробляють. Крім того, існування ЗП може надати підказки щодо того, які обмеження цілісності діють для прийняття відповідних рішень. Впродовж понад двох десятків років науковці вирішують проблему виявлення ЗП від параметрів замовлень принципово, характеризуючи простір пошуку, розробляючи та доводячи правила скорочення обсягів даних та довжини алгоритмів, та представляючи алгоритми, наприклад ORDER, який знаходить усі ЗП [97]. У всебічній оцінці алгоритм був ефективним навіть для дуже великих наборів даних. Однак, ЗП є часто прихованими або такими, які важко аналізуються. Наприклад, у роботі [95] представлено новий метод виявлення залежностей між замовленнями. Дослідники використали підхід, який перевершує існуючі два найсучасніші алгоритми Ланґера і Ноймана та Fastod-алгоритм [97]. Автори довели, що коли між двома списками замовлень є залежність, то між ними існує й сумісність, тобто здатність проявляти найвищі параметри якості при заданій послідовності їх виконання. Однак, розуміння сумісності стосується статичних списків замовлень у даному випадку, і у такому вигляді його не можна застосовувати для динамічного потоку інформації.

Процес транспортно-експедиторського обслуговування визнано складним технологічним процесом у багатьох працях. Складність характеризується наявністю великої кількості альтернатив на різних стадіях прийняття рішень [98]. Однак, проблема ще більш ускладнюється тим, що

громіздкі потоки вхідної інформації до АТП не відображають прихованих зв’язків між даними. Внаслідок цього оперативні завдання для парків АТЗ виявляються слабо прорахованими, а окремі задачі організації процесу перевезень набувають статусу таких, що не розв'язуються, або є слабо підготовленими до формалізації.

Відомі спроби вирішити дану проблему шляхом створення автоматизованої системи управління (АСУ) транспортним процесом, наприклад, у роботі [99]. Нові якості сучасних АСУ полягають у тому, що виявлені й описані зв’язки та обмеження процесу виконання замовлень, заснованого на обліку наявних матеріальних і трудових ресурсів АТП, а також застосовано методи динамічного налаштування ресурсів АТП. Проте, більшість відомих АСУ, у тому числі й згадана, не справляються з громіздким набором даних у потоках інформації й не обробляють їх історію [100, 101].

Відомі спроби розв’язати складні нелінійні задачі процесу організації перевезень шляхом їх декомпозиції. Зокрема, в роботі [102] представлений підхід до розв’язку багатоетапної транспортної задачі як один з напрямів цього рішення, але разом з тим він не претендує на загальність і єдність. Як висновок, модель організації перевезень вантажу не є мережевою та має певні допущення, виходячи з обмеженості середовища її реалізації – табличного процесора Excel. У подальших наукових і експериментальних дослідженнях передбачається зняти ці допущення за рахунок використовування прогресивніших програмних засобів сучасних інформаційних технологій.

Задачі маршрутизації і складання розкладів АТЗ при застосуванні часових допусків (часових вікон) визнані NP-складними в сильному сенсі [101]. Це означає, що для успішного пошуку їх розв’язків застосовують евристичні або метаевристичні алгоритми, що не може забезпечувати гарантованого оптимуму. Складність алгоритмів зростає експоненційно зі збільшенням обсягу початкових даних. Тому одним з напрямків

удосконалення розв’язування таких задач є класифікація потоку вхідних даних. До такого ж висновку дійшли автори статті [102], демонструючи, що додаткові обмеження, які накладаються на транспортну задачу, лише призводять до зміни евристичного алгоритму.

Проблеми з маршрутизацією перевезень, виконання яких обмежене часом, виникають у випадках, коли послуга у перевезенні вантажів надається клієнтам, які встановлюють терміни обслуговування та найбільш ранні обмеження на обслуговування. Розглянемо, наприклад, ситуацію, коли готова продукція розподіляється від виробничого підприємства або складу до декількох оптових та звичайних продавців. Кожен клієнт (оптовий продавець або постачальник) заздалегідь розміщує замовлення фіксованого розміру та вказує інтервал часу (часове вікно) для доставки. Керівники збуту виробничого підприємства несуть відповідальність за розподіл відправлень на транспортні засоби та розробку мінімальних витрат на виконання маршрутів та графіків, що дозволяють, якщо це можливо, обслуговувати всіх клієнтів у межах їхнього часового вікна. В статті [103] запропонована математична модель та алгоритм на основі оптимізації для вирішення описаної вище задачі. Однак, автор статті використав критерій мінімального пробігу АТЗ. Сучасний ринок вантажних перевезень склався так, що ціна за перевезення встановлюється залежно від обсягу вантажу і довжини їздки з вантажем, а витрати АТП залежать від загального пробігу, узгодження дій перевізника в часі. Тому названі дослідження не розкривають повноти усієї проблеми.

У роботі [104], призначаючи пріоритети вершинам орієнтованого ациклічного графа, за допомогою якого виконано моделювання процесу виконання замовлень, автори отримали більш жорсткі допуски на тривалість виконання транспортного завдання. Це було досягнуто завдяки запропонованому алгоритму динамічного програмування для обчислення цього зв’язку та алгоритму присвоєння пріоритетів для призначення пріоритетів вершинам графа. Однак, автори присвятили роботу дослідженню

політиці надання пріоритетів компаніями-перевізниками, що є не завжди і не цілком об’єктивними рішеннями. Тому розв’язки повинні киконуватись з урахуванням аналізу вхідного масиву даних.

Більш прості задачі формування маршрутів і розкладів запропоновано в публікації [105]. Автори отримали гарантовані стійкі розв’язки. Однак, кожна окремо розв’язана задача стосується використання одного АТЗ на маршруті. Взаємодію парку АТЗ, яка є ключовою перевагою АТП, не враховано.

Ефективному застосуванню «рефакторінгу» для полегшення розв’язання складних комбінаторних задач присвячена робота [106]. Показано, що в окремих випадках зменшення чисельності факторів для отримання точного і стійкого розв’язання задачі є успішним. Однак, ці й подібні дослідження скеровані на допомогу у конструюванні комп’ютерних програм, для яких бази даних вважаються сформованими і статичними. Аналіз та класифікація вхідних даних авторами не розглядались.

У роботі [107] при складанні допустимих і оптимальних за швидкодією розкладів роботи АТЗ на маршрутах застосовано модифікований метод впорядкування змішаних графів. Головна особливість алгоритму полягає у тому, що модель початкового неорієнтованого графа є динамічною: її вершинами є події, а не транспортні пункти, зв’язки − ребра та дуги мають постійну і змінну складову тривалості, вони також відображають циклічний характер усього процесу, яким легше можна керувати. Так, завдяки тому, що є можливість змінювати допуск на загальну тривалість процесу і початкову кількість АТЗ, досягається задовільний допустимий активний розклад. Алгоритм є простим для застосування відносно аналогів. Однак він також базується на евристичних прийомах впорядкування.

У роботі [108] представлено методологію удосконалення процесу складання розкладів та її впровадження в умовах зростаючих вимог до їх якості. Основними даними для планування є набір прогнозованих замовлень. Це дало змогу авторам досягти мінімальних затримок доставки вантажів. Прогнозування дається з часовими вікнами, що є необхідним допуском через

невизначеність. Однак багато зовнішніх факторів є випадковими, і вони можуть порушити ці допуски. Для вирішення задачі використані комбіновані мета-евристичні методи повторного локального пошуку із кластеризацією змінних. Застосовано апріорні ознаки оптимальності графіків. Таким чином, було отримано підстави класифікувати вхідні замовлення за сумісністю, географічним розташуванням, та терміновістю виконання. У статті дано визначення та доведено вирішальну важливість сумісності, а також запропоновано набір показників повної або часткової сумісності та несумісності замовлень. Доведено, що найважливішою властивістю замовлень є їх організаційна сумісність. При цьому застосовано критерій оптимізації загальної тривалості їздок всіх запланованих транспортних засобів. Цей критерій не відповідає загальному розумінню проблеми.

Враховуючи виконаний аналіз публікацій, було сформульовано таку **робочу гіпотезу:** *ефективність виконання сукупності замовлень на перевезення вантажів парком автотранспортних засобів формується параметрами організаційно-технологічної сумісності самих замовлень, серед яких можна виділити множину таких, які для заданого парку АТЗ можуть бути виконані за максимальним передбачуваним результатом.*

Аналіз усіх наведених публікацій доводить необхідність детального вивчення процесу прийняття рішення про розподіл наявних ресурсів на транспортній мережі в умовах зростання потужності потоків замовлень та вимог до часового узгодження транспортних процесів.

1.5 Висновки за розділом 1

Проведений аналіз науковий доробок свідчить про те, що проблема нескоординованості дій різних автотранспортних підприємств залишається актуальною. Для її вирішення необхідно проаналізувати вхідні потоки замовлень на перевезення вантажів при умові, що провізні спроможності парку автотранспортних засобів, які обслуговують їх, можуть динамічно змінюватись. Також необхідно відобразити за допомогою імітаційного

моделювання динаміку вхідного потоку і стан транспортної системи, яка його обслуговує, за певними тактичними діями.

Огляд літературних джерел показує, що на відміну від пуассонівських стаціонарних потоків більшість завдань дослідження періодичних потоків залишаються невирішеними, насамперед це стосується оцінювання інтенсивності потоку. Відомі методи ІМ є недостатньо ефективними для виявлення закономірностей утворення потоків замовлень на міжміські перевезення вантажів і їх обслуговування. Перспективними на даному етапі розвитку наукових досліджень є аґентні підходи, які можуть бути застосовані для відображення транспортних процесів на мережі, оскільки саме так можна змоделювати їх взаємозалежність.

При оцінюванні ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств та інших транспортно-логістичних підприємств не можна задовольнятись лише симуляційними моделями, оскільки вони не розкривають сутність транспортних процесів. Транспортні процеси при обслуговуванні єдиного вхідного потоку замовлень повинні базуватись на нових принципах синтезу, оскільки у них закладається синергетичний ефект.

Основні результати дослідження по даному розділу опубліковані в роботах [1,2,3,5,7,9,10,11,15].

РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Теоретичні підстави ефективної взаємодії автотранспортних підприємств на засадах колективної стратегії

Для утворення та успішного функціонування автотранспортного підприємства необхідною є певна виробнича структура, що складається з функціональних одиниць, які поєднуються відповідними зв'язками. Якщо такої мінімальної кількості елементів немає, тоді підприємство взагалі не утворюється або не спроможне виконувати наперед визначені функції [110]. Однак, існують випадки, коли підприємство, під впливом зовнішнього середовища, відчуває брак функціональних елементів, або потужність таких елементів є недостатньою. Такими елементами можна поповнити автотранспортне підприємство із зовнішніх джерел (аутсорсинг). Це відбувається шляхом взаємодії з партнерами, об'єднанням зусиль декількох автотранспортних підприємств, поглинанням, або розширенням.

Злиття − є об'єднання підприємств на добровільній основі. Поглинання − процес, у якому одне підприємство купує інше. Поглинаюче підприємство стає юридичною особою, а те, що поглинається, ліквідовується із передачею всі майнових зобов'язань. В результаті з'являється більше й фінансово могутніше підприємство. Злиття і поглинання підприємств автомобільного транспорту проводять для:

- збільшення ринкової частки для посилення впливу на цінову політику в галузі;
- виходу на новий ринок, тобто розширення ринкового портфеля;
- пониження конкуренції за рахунок покупки конкурента;
- отримання ефекту від збільшення масштабів діяльності (за рахунок низької вартості ресурсів);
- об'єднання знань і досвіду фахівців різних підприємств;
- об'єднання фінансових ресурсів різних підприємств;

- ефективного використання вільних ресурсів, таких, наприклад, як гроші на депозитних банківських рахунках.

Автотранспортні підприємства також можуть створювати і стратегічні альянси для впровадження якихось короткострокових проектів, наприклад, для зниження рівня конкуренції (за рахунок домовленостей) і зростання рівня довіри між партнерами. При кардинальній зміні структури й цілісності автотранспортне підприємство може також змінювати і свій тип. Наприклад, створювалося змішане автотранспортне підприємство шляхом об'єднання пасажирського й вантажного транспорту для виконання як пасажирських, так і вантажних перевезень, а через деякий час обсяг вантажних перевезень починає зменшуватися, це може призвести до того, що змішане підприємство стане, приміром, суто пасажирським автотранспортним підприємством, тим більше, якщо потреба в пасажирських перевезеннях буде зростати, а вантажні перевезення будуть усе більш нерентабельними. До найважливіших причин розділення підприємств відносять зміну цілей розвитку підприємства, недостатню ефективність відокремленої частини підприємства, потребу в отриманні фінансових ресурсів [110].

Однак, у кожному випадку, кооперація підприємств супроводжується підвищенням рівня спеціалізації кожного з її учасників. Спеціалізація − це поділ праці всередині галузі. Метою цього поділу є підвищення продуктивності праці [32]. Найголовнішою ознакою спеціалізації є виробництво певної послуги, або її частини. Спеціалізація веде до того, що перевізник, як правило, надає оригінальні послуги, які найбільш вдало вдається виконувати саме йому. Отже, спеціалізація обумовлює об'єктивну необхідність товарного обміну між членами суспільства. Наявність такого обміну внаслідок спеціалізації веде до удосконалення виробництва. Уже давно відомо, що відсутність спеціалізації, так звана самозабезпеченість у господарстві, породжує неефективність виробництва. Як зауважують американські економісти Кемп-Р. Макконнелл і Стенлі Л. Брю в своїй «Економікс», «людина, яка береться за все, може бути досить яскравою

особистістю, але вже продуктивністю праці вона явно не відзначається» [118].

Спеціалізація забезпечує певні переваги.

По-перше, вона значно збільшує продуктивність праці. Це пов’язано з тим, що спеціалізація створює умови для організації безперервного (поточного) процесу виробництва, застосування найдосконаліших засобів праці, впровадження механізації та автоматизації виробництва, досягнення повного і ефективного використання технологічного устаткування, удосконалення структури підприємства, підвищення кооперації праці.

По-друге, спеціалізація у виконанні виробничих функцій веде до економії часу, позбавляє виробництво від зайвих витрат, особливо під час заміни одного виду діяльності іншим видом.

По-третє, спеціалізація дає можливість краще використовувати галузево-регіональні особливості. Наприклад, автотранспортне підприємство має добре налагоджені зв’язки і транспортні технології доставки певних видів вантажів по заданій мережі. Отже, географічна спеціалізація виробництва має важливе значення для забезпечення ефективного використання такого важливого ресурсу, як транспортна мережа.

Недоліком спеціалізації економісти називають залежність суспільства від спеціалізованих працівників. «Страйки докерів або водіїв вантажних автомашин здатні дуже швидко привести до нестачі товарів» [118]. Тобто, вузька спеціалізація перевізника знижує рівень його надійності.

Поділ праці, який здійснюється між підприємствами і галузями, іноді дуже важко врахувати. Виникають непередбачені диспропорції між ланками спеціалізованого виробництва. В одних підприємствах і регіонах виникають надлишки спеціалізованої продукції, що створює проблему їхньої реалізації, а в інших відчувається гостра нестача комплектуючих деталей і вузлів, що стримує розвиток виробництва.

Проте в кінцевому підсумку спеціалізація забезпечує більше переваг, аніж недоліків, і людство використовує цю форму організації виробництва для підвищення продуктивності праці.

Спеціалізація тісно пов'язана з кооперуванням, розвиток якого заснований на посиленні та поглибленні спеціалізації.

Кооперація − це особлива форма тривалих раціональних виробничих зв'язків між спеціалізованими самостійними підприємствами порівняно з іншими підприємствами, які не мають таких зв'язків. Іншими словами, кооперування є формою виробничих зв'язків між підприємствами різних галузей, що спільно виготовляють певний вид кінцевої продукції. Відомі види кооперування: предметне (технологічне); галузеве (міжгалузеве); регіональне; міждержавне.

Окрім спеціалізації та кооперування існують інші форми організації виробництва. А саме: концентрація виробництва означає його усуспільнення через збільшення розмірів підприємств; зосередження робочої сили, засобів виробництва і випуску продукції на більш великих підприємствах.

Отже, якщо автотранспортні підприємства кооперуються, то це призводить до обов’язкового підвищення рівня спеціалізації виконання замовлень. Замовлення, які виконує один перевізник, повинні бути технологічно сумісними, а послідовність їх виконання має призводити до вищих показників ефективності.

2.2 Формулювання і методика розв’язання задачі оптимізації транспортного процесу у ланцюгах постачань транспортних послуг

Задано множину замовлень $Z = \{z_1, z_2, \dots z_N\}$, яка спрогнозована на деякий період T. Замовлення виникають довільно і незалежно. Крім цього, кожне замовлення характеризується пунктами відправлення і призначення вантажу, які позначимо як q_v та q_y, де $v, y = 1..M$. Відстань доставки $l_{v,y}$ − відома. З достатньою ступінню точності можна надати оцінку витрат часу на перевезення вантажу між пунктами q_v і q_y. Однак, для умов даної задачі

використаємо величину $a_{i.j}^{m}$ − це час руху автотранспортного засобу *m* під час виконання замовлення *j*, яке виконується після виконання замовлення *i*. Цей час є більш узагальнений, аніж час, шо є необхідним для виконання їздки на відстань $l_{v.y}$. Час $a_{i.j}^{m}$ суттєво залежить від завершення виконання попереднього замовлення *i*, оскільки пункт останнього розвантаження може не співпадати із пунктом наступного навантаження, а також може бути виконаний порожній пробіг. Формалізовано, якщо $a_{i.j}^{m} = \infty$, то це означає, що замовлення *j* не може виконуватись після замовлення *i*. Є також витрати часу на простій АТЗ у пунктах відправлення і призначення вантажу $a_{i.j}^{s}$, які виникають внаслідок неузгодження операцій при виконанні транспортного процесу. Часові затримки $a_{i.j}^{s}$ виникають тому, що дозволені часові обмеження замовлень *i, j* можуть не співпадати і через неритмічність процесу [111]. Для цього розглянемо такий параметр, як часове вікно [112]. Кожне Z_i замовлення характеризується часовим вікном W_i, яке визначає дозволений термін виконання замовлення, тобто:

$$W_i = t_i^e - t_i^b, \tag{2.1}$$

де t_i^e − найбільш можливий пізній час закінчення виконання замовлення;

t_i^b − найбільш можливий ранній час початку виконання замовлення.

У перевізника є в наявності *R* автотранспортних засобів. Цими транспортними засобами потрібно виконати означену множину замовлень *Z*. Однак, наявної кількості АТЗ може бути недостатньо, тобто $R < R_z$, або їх кількість може бути надлишковою, тобто $R > R_z$, де R_z − кількість фактично необхідних автотранспортних засобів для виконання заданої множини відомих замовлень. Припускається, що для перевезення вантажу можна задіяти R_o АТЗ автотранспортних підприємств-партнерів на правах оренди. Головну вигоду від цього орендування може отримати орендар. При наявності інформації про сукупність замовлень, яка відома тільки йому,

перевізник приймає рішення про можливість їх виконання. При цьому можливі такі його дії.

1. Здати в оренду власний рухомий склад. Дія приймається за допустиму, якщо рентабельних замовлень при $R > R_z$ не вистачає. Вартість оренди одиниці автотранспортного засобу P_r приймається на увесь період T. Таким чином, дохід від здачі в оренду усіх транспортних засобів можна визначити за виразом:

$$D_1 = \left(R - R_z\right) \cdot P_r . \tag{2.2}$$

2. Взяти в оренду додаткові автотранспортні засоби, яких не вистачає, тобто якщо $R < R_z$. Дія виконується, якщо вигідних замовлень є більше, ніж вільних АТЗ. У цьому випадку приймається, що витрати на оренду транспортних засобів перевізника C_r відносяться на собівартість на увесь період T. Витрати на оренду визначаються з виразу:

$$D_2 = \left(R_z - R\right) \cdot C_r . \tag{2.3}$$

3. Купити інформацію про невідомі перевізнику замовлення. Ця дія виконується тоді, коли $R > R_z$. Вартість інформації про одне замовлення − C_z. Власне, купівля додаткової інформації відбувається, якщо замовлень у перевізника недостатньо, і така дія є альтернативою до здавання в оренду власних АТЗ. Однак, при цьому є ризик, що придбане і прийняте до виконання замовлення може бути нерентабельним.

4. Продати інформацію про наявні, проте не прийняті до виконання замовлення. Ціна продажу − P_z. Це рішення приймається, коли кількість наявних замовлень є більшою, тобто $R < R_z$, і вони є збитковими для перевізника.

5. Виконати замовлення власними автотранспортними засобами. У цьому випадку здійснюються витрати АТП на рух транспортних засобів C_m і на їх простої C_s. Для виконання цієї дії необхідно, щоб наявних у перевізника транспортних засобів було достатньо для виконання замовлень, а такі замовлення були рентабельними. В результаті перевізником отримуються

надходження коштів від виконаних перевезень P_m, розмір яких залежить від пробігу АТЗ з вантажем при виконанні даного замовлення l_z.

Дії 1−5 приймаються для кожного замовлення зокрема так, щоб загальний прибуток від перевезень був максимальний. Очевидно, що дії 1−5 є взаємно суперечливі. Тому задача максимізації прибутку є багатоваріантною, оптимізаційною. Для її розв'язування введемо змінну $x_{i.j} = \{0, 1\}$. Змінна $x_{i.j}$ набуває значення «0», якщо замовлення z не виконується власними автотранспортними засобами, і набуває значення «1», якщо замовлення виконується. Вираз для знаходження максимального прибутку матиме вигляд:

$$\begin{aligned} П = &\left(R - R_z\right)\cdot P_r - \left(R_z - R\right)\cdot C_r - \left(R_z - R\right)\cdot C_z + \\ &+\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} a_{i.j}^{m}\cdot\left(1 - x_{i.j}\right)\cdot P_z + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} a_{i.j}^{m}\cdot x_{i.j}\cdot P_m - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} a_{i.j}^{m}\cdot x_{i.j}\cdot C_m - \\ &-\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} a_{i.j}^{s}\cdot x_{i.j}\cdot C_s \Rightarrow \max \end{aligned} \qquad (2.4)$$

У виразі (2.4) перший-четвертий члени відповідають описаним діям 1−4. П'ятий член − це надходження коштів від виконання перевезень за замовленнями власними АТЗ. Шостий член − це витрати на перевезення за замовленнями власними АТЗ при виконанні їздок із вантажем. Сьомий член − це витрати, які пов'язані із простоями і затримками АТЗ при виконанні замовлень.

Для розв'язування задачі введено ще два фіктивних замовлення: Z_0 – формальний початок ІТП у послідовності виконання замовлень, Z_F − формальне закінчення ІТП наприкінці терміну T.

Змінна $x_{0.j}$, а також величина $a_{0.j}^{m}$, означають виконання замовлення Z_j без виконання жодного попереднього замовлення. Таким чином, це − змінні, які визначають «чисте» виконання замовлення. У цьому випадку організація процесу не впливає на тривалість виконання замовлень.

При складанні плану перевезень повинні виконуватись обмеження на змінні:

$$\sum_{j=1}^{N} x_{i.j} - \sum_{i=1}^{N} x_{i.j} = 0, \tag{2.5}$$

$$\sum_{j=1}^{N+F} x_{i.j} - \sum_{j=0}^{N} x_{i.F} = -R_z, \tag{2.6}$$

$$\sum_{j=1}^{N+F} x_{i.j} - \sum_{j=0}^{N} x_{j.F} = R_z, \tag{2.7}$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_{i.j} \le 1, \tag{2.8}$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{i.j} \le 1, \tag{2.9}$$

$$\sum_{i=1}^{N} \left(\left| x_{0.i} - x_{i.F} \right| \right) = R_z, \tag{2.10}$$

де $x_{i.F}$, $x_{j.F}$ – формальна змінна, яка відповідає завершенню виконання замовлень Z_i, Z_j, відповідно;

$x_{0.i}$, $x_{0.j}$ – формальна змінна, яка відповідає початку виконання замовлень Z_i, Z_j, відповідно;

R_z – наперед задана кількість АТЗ, які використовуються в процесі виконання перевезень. Ця величина застосовується тому, що при кожному кроці моделювання спочатку невідомо, при якому значенні R_z числове значення критерію (2.4) буде максимальним. Тому величина R_z змінюється в межах $1 \le R_z \le R$, де R – максимальна кількість АТЗ (власних та орендованих), які можна залучити до перевезень. Очевидно, що $R < N$.

Обмеження (2.5) означає, що кількість вихідних автомобілепотоків для виконання j-го замовлення не повинна перевищувати кількості вхідних. Таке обмеження чинне для усіх змінних $x_{i.j}$, i, j=1..N і не стосується фіктивних.

Обмеження (2.6) означає, що кількість вихідних автомобілепотоків від формального початку ІТП не перевищує наперед заданої величини R_z. Така ж кількість автомобілепотоків повинна входити у формальне завершення ІТП, про що свідчить обмеження (2.7).

Оскільки в даній задачі замовлення є унітарними, тобто кожне з них виконується за одну їздку з вантажем, то застосовано обмеження (2.8), яке означає, що кількість вихідних автомобілепотоків для виконання *j*-го замовлення не перевищує одного. З цієї ж причини обмеження (2.9) означає, що кількість вхідних автомобілепотоків для виконання *j*-го замовлення не перевищує одного.

Для того, щоб в результаті розв'язання задачі оптимізації позбутись циклічних автомобілепотоків, які не беруть початок у формальний момент початку ІТП Z_0 і не завершуються у формальний момент Z_F, було введено обмеження (2.10). Це обмеження означає, що кількість маршрутів від формального початку до формального завершення процесу в цілому має дорівнювати кількості задіяних автотранспортних засобів, що фактично виключає можливість циклів, отже і неоднозначних результатів моделювання. Обмеження (2.10) власне приводить задачу оптимізації до нелінійного вигляду, оскільки у його виразі використано модуль різниці змінних.

2.3 Показники потоку замовлень

Незважаючи на випадковий характер замовлень, між ними можна встановити організаційні відношення, які можуть послуговувати ознаками для побудови оптимального за структурою інтегрованого транспортного процесу (ІТП). До таких відношень відносяться: сумісність, концентрація нерівномірність, впорядкованість [113].

Відношення сумісності множини замовлень означають, що включення їх в єдиний потік виконання не призводить до зниження ефективності перевезень. У відомих дослідженнях застосовано оцінку сумісності замовлень попарно [113]. Відповідно, застосовано дискретний показник сумісності замовлень за трьома категоріями: цілком сумісні, частково сумісні і несумісні. Однак, така оцінка є неповною і недостатньою для підбору замовлень в один процес, якщо їх є більше, ніж два. Також таку оцінку

неможливо застосувати для обґрунтування взаємодії різних автотранспортних підприємств. Сумісними назвемо такі замовлення i, j, виконання яких у послідовності $i \rightarrow j$ одним автотранспортним засобом характеризується повною відсутністю незавантажених їздок і простоїв в очікуванні завантаження [113]. Для оцінки ступеню сумісності застосуємо показник, який характеризує сумісність виконання замовлень у послідовності $j \rightarrow i$:

$$K_{j.i}^{c} = \frac{a_{0.i}}{a_{j.i}}, \tag{2.11}$$

де $a_{0.i}$ − тривалість виконання замовлення Z_i ізольовано, без попереднього виконання жодних замовлень, а також без підготовчих дій (нульового пробігу, очікування завантаження тощо);

$a_{j.i}$ − тривалість виконання замовлення Z_i після виконання замовлення Z_j.

Аналогічно можна використати обернений показник, який вказує на сумісність виконання замовлення в порядку $i \rightarrow j$:

$$K_{i.j}^{c} = \frac{a_{0.j}}{a_{i.j}}. \tag{2.12}$$

Для прикладу обчислимо показник сумісності перевезення вантажів за такими замовленнями, які були зафіксовані на транспортному підприємстві «ЛВ-Транс» у вхідних заявках на виконання перевезень (додаток А).

Замовлення 1. Зміст замовлення полягає у тому, щоб доставити унітарний вантаж з пункту А до пункту Б. Тривалість їздки − $t_{АБ}$ = 2 год. Часове вікно для виконання замовлення − 16 год. від початку планового горизонту, який триває 48 год.

Замовлення 2. Зміст замовлення полягає у тому, щоб доставити унітарний вантаж з пункту Б до пункту А. Тривалість їздки − $t_{БА}$ = 2,4 год. Часове вікно для виконання замовлення − 12 год. після 6 год. від початку того ж планового горизонту.

Обчислимо коефіцієнт сумісності замовлень у послідовності 1→2 та 2→1. Для того, щоб виконати замовлення 2 після виконання замовлення 1,

потрібно, виконавши замовлення 1 відразу після початку планового періоду, зупинитись у пункті Б впродовж 4 год. Після цього виконується замовлення 2. Таким чином, часові зв'язки будуть: $a_{0.2}$ = 2,4 год.; $a_{1.2}$ = 6,4 год., а коефіцієнт сумісності становить:

$$K_{1.2}^{c} = \frac{a_{0.2}}{a_{1.2}} = \frac{2,4}{6,4} = 0,375 \cdot$$

Часові зв'язки зворотного виконання замовлень, тобто 2→1, будуть такими: $a_{0.1}$ = 2 год.; $a_{2.1}$ = 10,4 год., а коефіцієнт сумісності:

$$K_{2.1}^{c} = \frac{a_{0.1}}{a_{2.1}} = \frac{2}{10,4} = 0,192 \cdot$$

Очевидно, що менше значення K_c відповідає меншій організаційній сумісності. Найвище його значення K^c=1. Беручи до уваги відому класифікацію замовлень, K^c = 1 відповідає цілком сумісним замовленням, а K^c = 0 − цілком несумісним. Два замовлення, для яких $0<K^c<1$, назвемо частково сумісними. Виходимо з того, що часові зв'язки $a_{i.j}$, $a_{j.i}$ можна оцінити для будь-якої пари замовлень із наперед заданої множини замовлень $Z=\{z_1, z_2, \ldots, z_N\}$, яку отримано на деякому горизонті прогнозування, тобто на періоді T, і яка складатиме інтегрований транспортний процес. У зв'язку з цим можна побудувати матрицю часових зв'язків $\left|a_{i.j}\right|$, $i, j = 0 \ldots F,$ де 0, F − фіктивні замовлення, які означають формальний початок і завершення транспортного процесу. Також можна побудувати матрицю коефіцієнтів сумісності $\left|K_{i.j}^{c}\right|$ для тієї ж самої множини замовлень, яку встановлено із наявного потоку заявок (додаток А). Для оцінки сумісності усіх замовлень горизонту планування використаємо середнє значення коефіцієнта сумісності:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} K_c^{i.j}}{N}. \qquad (2.13)$$

Коефіцієнт (2.13) показує наскільки сумісними в плані організації процесу вибрані замовлення в одній множині, яка планується до виконання.

При обчисленні цього коефіцієнта не береться до уваги те, що замовлення можуть виконуватись різними перевізниками, які кооперують. Тому даний коефіцієнт не є достатнім для оцінки ефективності організаційно-технологічної взаємодії.

Для оцінки концентрації замовлень на заданій території використано коефіцієнт концентрації:

$$K_k = \frac{N_z}{N_q}. \tag{2.14}$$

де N_z – кількість замовлень, готових до виконання впродовж заданого періоду T;

N_q − кількість транспортних пунктів (пунктів відправки і приймання вантажів), які стосуються множини замовлень, яка запланована на період T.

Потрібно взяти до уваги, що пункти відправлення вантажів, пункти приймання вантажів в інтегрованому транспортному процесі можуть збігатись. У зв'язку з цим, як доповнення до коефіцієнта (2.14), раціонально застосовувати ще два коефіцієнти:

- коефіцієнт концентрації замовлень в пунктах відправлення вантажів:

$$K_{k.d} = \frac{N_z}{N_{q.d}}. \tag{2.15}$$

де $N_{q.k}$ − кількість транспортних пунктів, де відбувається навантаження вантажів на період T;

- коефіцієнт концентрації замовлень в пунктах приймання вантажів:

$$K_{k.a} = \frac{N_z}{N_{q.a}}. \tag{2.16}$$

де $N_{q.a}$ − кількість транспортних пунктів, де відбувається приймання вантажів на період T.

Вкажемо деякі властивості коефіцієнтів концентрації замовлень.

Коефіцієнт K_k − це динамічний показник. Його числове значення для однієї і тієї ж території (множини транспортних пунктів) залежить від тривалості й від періоду планування виконання замовлень.

Максимальне числове значення коефіцієнта концентрації обмежено лише двома пунктами, незалежно від того, скільки замовлень заплановано. Мінімальне значення коефіцієнта концентрації відноситься до випадку, при якому кожне замовлення стосується двох окремих транспортних пунктів. Отже, числове значення коефіцієнта K_k коливатиметься в межах $0{,}5N_z \ldots 2N_z$.

Коефіцієнти $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ є також динамічними і залежать від періоду T. Максимальне числове значення коефіцієнтів $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ обмежене одним транспортним пунктом, який може бути або відправником вантажу, або його споживачем. Мінімальне числове значення коефіцієнтів $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ обумовлене тим, що, практично, усі транспортні пункти можуть бути відправниками і споживачами вантажів для одного процесу. Тому діапазон їх числових значень становить $1 \ldots N_z$. Співвідношення коефіцієнтів $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ із загальним коефіцієнтом K_k, а також між собою, вказує на типи маршрутів (рис. 2.1).

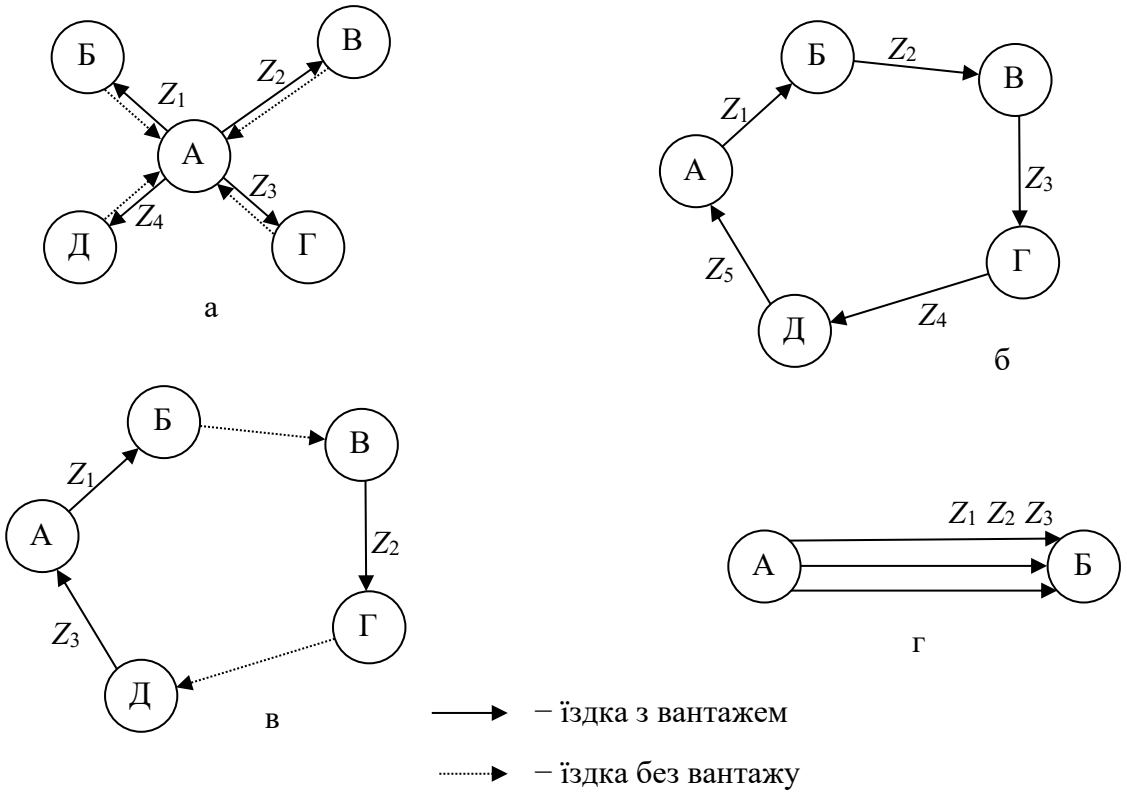


Рисунок 2.1 – До розрахунку коефіцієнтів концентрації замовлень

Так, на рис. 2.1а відображено модель виконання чотирьох замовлень Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, що полягає в перевезенні вантажу від єдиного пункту

відвантаження до чотирьох інших пунктів. Коефіцієнт концентрації K_k при цьому за формулою (2.15) визначиться як K_k = 0,8, коефіцієнти концентрації замовлень в пунктах відправлення $K_{k.d}$ і приймання вантажу $K_{k.a}$ становлять: $K_{k.d}$ = 4, $K_{k.a}$ = 1.

На рис. 2.1б показано модель послідовного виконання замовлень на кільцевому маршруті з розривами вантажопотоків, тобто при відсутності незавантажених їздок. Коефіцієнт концентрації визначиться як K_k = 1, коефіцієнти $K_{k.d}$=1, $K_{k.a}$=1.

На рис. 2.1в показано модель послідовного виконання замовлень на кільцевому маршруті за умови наявності незавантажених їздок. Коефіцієнт концентрації визначиться як K_k = 0,6, коефіцієнти $K_{k.d}$ = 1, $K_{k.a}$ = 1.

На рис. 2.1г показано модель виконання трьох замовлень на маятниковому маршруті зі зворотною незавантаженою їздкою. Коефіцієнт концентрації визначиться як K_k=1,5, коефіцієнти $K_{k.d}$=1, $K_{k.a}$=1.

Очевидно, що коефіцієнт концентрації, разом з його похідними величинами, відображає ті витрати часу, які потрібні на виконання їздки з вантажем або без вантажу. З поданих чотирьох прикладів видно, що найбільш сприятливі значення коефіцієнтів є ті, для яких K_k=1, $K_{k.d}$=1, $K_{k.a}$=1. Чим більше основний або частковий показники відхиляються від одиниці, тим більш несприятливими є умови для організації транспортного процесу.

Замовлення, які надходять перевізникові до виконання, відрізняються середньою тривалістю. Різниця тривалості виконання замовлення впливає на впорядкованість транспортного процесу [113], отже, в результаті, на ефективність взаємодії одного, або декількох автотранспортних підприємств з точки зору використання їх транспортних засобів. Часову нерівномірність замовлень оцінюємо коефіцієнтом нерівномірності, який визначається за аналогією виразом:

$$\eta_t = \frac{a^s_{0.i.\max}}{a^s_{0.i}}, \qquad (2.17)$$

де $a^{s}_{0.i.\max}$ – максимальні витрати часу на виконання *i*-го замовлення, пов'язані з рухом транспортних засобів, без врахування будь-яких, попередньо виконаних, замовлень;

$\overline{a^{s}_{0.i}}$ – середні витрати часу на виконання *i*-го замовлення, пов'язані з рухом транспортних засобів.

На відміну від попередніх коефіцієнтів, коефіцієнт нерівномірності η_t стосується лише «чистої» тривалості виконання замовлення, тобто без врахування перехідних та підготовчих операцій. Мінімальне значення коефіцієнта нерівномірності η_t=1. Чим більшою є нерівномірність тривалостей виконання замовлень, тим складнішою буде задача побудови ефективного транспортного процесу для однотипних транспортних засобів одного і того ж перевізника [114]. З іншого боку, наявність різних за тривалістю транспортно-логістичних операцій дає можливість побудови більш впорядкованого інтегрованого процесу для декількох автотранспортних підприємств, які взаємодіють [115]. Отже, коефіцієнт η_t має оптимальне значення, яке відповідає вибраному рівню взаємодії автотранспортних підприємств. Для оцінювання процесу побудови інтегрованого транспортного процесу за вартісним критерієм застосуємо коефіцієнт цінової нерівномірності:

$$\eta_p = \frac{p_{z\max}}{\overline{p_z}}, \tag{2.18}$$

де $p_{z\ \max}$ – максимальна вартість виконання замовлення із заданої множини *Z*, яка залежить від обсягу виконаної роботи по даному замовленню і від цінової політики підприємства [116];

$\overline{p_z}$ – середня вартість виконання замовлення із множини запланованих; вартість обчислюється із врахуванням обсягу виконаних робіт.

Коефіцієнт цінової нерівномірності η_p використовується для приведення оцінки ефективності інтегрованого транспортного процесу до «чистих» умов, які не враховують кон'юктуру ринку транспортно-експедиційних послуг.

Показники впорядкованості замовлень розкривають взаємозалежність замовлень, яка зумовлена організаційно-економічними або технологічними факторами. Замовлення Z_i, наприклад, може мати пріоритет у виконанні перед замовленням Z_j, що пов'язано з технологією виконання деякого процесу, якого стосуються замовлення. У такому випадку часовий зв'язок $a_{j.i} \to \infty$, а часовий зв'язок $a_{i.j}$ – скінченне число. Це узгоджується з прийнятим визначенням часового зв'язку, який $a_{i.j} = \infty$, якщо замовлення Z_j не може виконуватись після замовлення Zi безпосередньо одним і тим ж транспортним засобом. У зв'язку з цим, для того, щоб порівняти пріоритети заданого замовлення i з іншими замовленнями, які є на горизонті планування T, застосуємо коефіцієнт часової впорядкованості:

$$K_{tw.i} = \frac{\sum_{j=1}^{N} a_{i.j}}{\sum_{j=1}^{N} a_{j.i}}, \qquad (2.19)$$

де N – загальна кількість замовлень на горизонті планування.

З формули (2.19) видно, що якщо i-те замовлення має найвищий пріоритет серед N заданих, то будь-яке $a_{j.i} > a_{i.j}$. Отже, чим вищим буде пріоритет виконання i-го замовлення, тим більшою буде імовірність значення коефіцієнту часової впорядкованості $K_{tw.i} \to 0$.

2.4 Висновки за розділом 2

На основі аналізу системоутворюючих факторів розроблено термінологію в плануванні транспортного процесу та методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу, які впливають на господарську діяльність автотранспортних підприємств. Встановлено, що головним джерелом подальшого зростання цих підприємств є налагодження

організаційно-технологічної взаємодії з партнерами на основі їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості. Організаційно-технологічна взаємодія транспортно-логістичних підприємств тісно пов'язана зі спеціалізацією, у даному випадку − із спеціалізацією стосовно властивостей вхідних потоків замовлень. Отже, раціональні взаємозв'язки при організаційно-технологічній взаємодії автотранспортних підприємств, які виконують вантажні перевезення, потрібно також пов'язувати із ознаками сумісності транспортних замовлень, враховуючи їх часові вікна.

Запропоновано методику структурного моделювання інтегрованого транспортного процесу на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії вантажних автотранспортних підприємств з параметрами випадкових вхідних вантажопотоків з урахуванням ознак сумісності транспортних завдань і їх часових вікон. Сформульована задача планування виконання замовлень є розподільчою за своїм змістом, багатопараметричною і нелінійною − за видом моделі. Задачу потрібно розв'язувати методами нелінійного програмування.

Встановлено, що організаційно-технологічна сумісність замовлень залежить від порядку їх виконання в інтегрованому транспортному процесі, від часових зав'язків замовлень, їх концентрації на заданій транспортній мережі. Для оцінювання сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі розроблена їх класифікація та запропоновано відповідні відносні коефіцієнти, за числовими значеннями яких будь-які два замовлення вхідного потоку можна віднести до несумісних, частково, або повністю сумісних. Для оцінювання потоку вхідних замовлень на міжміські перевезення вантажів запропонована система показників, яка складається з показників сумісності, концентрації, нерівномірності, впорядкованості. Такі показники можуть бути ознаками для вибору рівня взаємодії автотранспортних підприємств.

РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗРІЗНЕНИХ СУБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

3.1 Результати спостережень за діяльністю автотранспортних підприємств при їх кооперації

Метою функціонування будь-якого АТП є отримання максимального чистого прибутку. Прибуток залежить від обсягу виконаних замовлень, тарифів, а також собівартості виконання замовлень. Собівартість перевезення залежить від структури транспортного процесу. У сучасних умовах інтеграції виробничих процесів собівартість можна зменшити, якщо раціонально використовувати організаційно-технологічні зв'язки підприємств, які взаємодіють між собою.

Тариф для контрактної логістики (3PL-логістика) в кожному технологічному випадку призначається індивідуально. Він залежить від географії та дислокації транспортних пунктів, виду та властивостей вантажу, габаритів вантажу і його обсягу, тривалості виконання типового рейсу, необхідного графіка виконання рейсу і часу гарантованої доставки вантажу.

В дисертаційній роботі спостереження за діяльністю автотранспортних підприємств при їх кооперації проводились за вибіркою підприємств, які обслуговують задану географічну територію. Замовлення на перевезення вантажу по заданій території (населеному пункті, області, регіоні) можуть бути прив'язані до заданого часу, обмежені конкретним терміном. Також може бути обумовлена кількість рейсів і визначений точний маршрут руху.

Параметрами, які підлягали спостереженню, були такі:

1) тарифи на перевезення вантажів;

2) вартість логістичних послуг (оформлення замовлення, експедиція, страхування вантажів);

3) експлуатаційні витрати на утримання та використання парку автотранспортних засобів;

4) орендні відносини на ринку транспортно-логістичних послуг;

5) інформаційне забезпечення транспортного процесу.

При дослідженні вказаних параметрів була обґрунтована вибірка обсягом 34 автомобільних транспортних підприємств з усіх АТП, які виконують міжміські (внутріобласні і міжобласні) перевезення вантажів західного та центрального регіону України (додаток Б). Усього таких підприємств, які містяться в бізнес-каталогах, налічується 781 по вказаних регіонах України [121, 122, 123]. Кількість і марочний склад парку транспортних засобів таких підприємств у бізнес-каталогах не вказано.

Дані спостережень було розміщено у варіаційні ряди та проранговано. Побудовані ряди даних перевірено на стійкість. Відкинуто промахи спостережень (додаток В). У табл. 3.1 надані середні тарифи на міжміські перевезення по Україні автотранспортними засобами різної вантажності. Потрібно зауважити, що на сайтах окремих АТП, а також в прайс-листах, вказується гнучка система тарифів, яка залежить від відстані перевезень і обсягу вантажу, який перевозиться.

Таблиця 3.1 – Середні тарифи на перевезення вантажів автомобільним транспортом

Вантажоаідйомність автотранспортного засобу, т	Довжина, м	Обсяг, $м^3$	Тариф за 1 км, грн.
до 20 т	13,6	до 120	від 20 грн/км
до 10 т	до 8,5	до 60	від 17 грн/км
до 5 т	до 6,5	до 35	від 12 грн/км
до 2 т	до 4,2	до 20	від 5 грн/км

Ціноутворення на транспорті є складним процесом, що пов'язано з різноманітністю вантажів, які транспортуються. Для перевезення вантажів і розрахунку за послуги транспортні підприємства встановлюють вантажні тарифи. Формування транспортних тарифів має певні особливості, пов'язані з особливостями транспорту як сфери діяльності. Розглянемо основні з них [123].

1. Транспортний тариф залежить від умов транспортування, витрат на транспортування на різних ділянках шляхів, оптимальної пропускної здатності транспортної мережі.

2. Транспортний тариф залежить від виду вантажу, що транспортується, відстані, швидкості перевезення, виду відправлення. У розрахунку транспортного тарифу враховуються тип рухомого складу, ступінь завантаженості транспортного засобу тощо.

3. Транспортні підприємства використовують різні ресурси (залізо, вугілля, нафту, газ, електроенергію, будівельні матеріали тощо), вартість яких входить у собівартість перевезень. Тому ціни на ці ресурси істотно впливають на витрати транспортних підприємств і вартість тарифу загалом.

Перелічені особливості зумовлюють складність процесу ціноутворення у сфері транспортних перевезень порівняно з процесами ціноутворення в інших галузях національної економіки. Але основні принципи визначення тарифів автомобільного транспорту є аналогічними іншим видам. Вони встановлюються на рівні, що забезпечує відшкодування собівартості перевезень і отримання прибутку, який можна буде використати для розвитку автотранспортного підприємства і стимулювання праці. На собівартість перевезення вантажів автомобільним транспортом впливає багато чинників: кліматичні умови, вид вантажу, характер вантажопотоку, тип рухомого складу, стан доріг, ціни на пальне та мастильні матеріали, норми витрат пального різними типами АТЗ, витрати на ремонт та запасні частини; заробітна плата водіїв і обслуговуючого персоналу, експлуатаційні витрати та витрати на навантажувальні/ розвантажувальні роботи.

Якщо транспортний тариф регулюється ще ринковими відносинами, то витрати АТП на перевезення 1 тонни вантажу (або на виконання 1 км пробігу з вантажем) є випадковою величиною, математичне очікування якої $M(C_{км})$ = 5,45 грн/год, а коефіцієнт варіації v=0,86 з урахуванням середньої експлуатаційної швидкості 22 км/год. (див. додаток Б). Такі дані є досить варіативними, і їх не доцільно використовувати як статистичні. Тому при

плануванні інтегрованого транспортного процесу потрібно задаватись конкретним значенням собівартості перевезень для конкретного АТП.

На даний час на ринку вантажних автомобільних перевезень склалась така ситуація, при якій АТП можуть орендувати на визначений період автотранспортні засоби у інших АТП, або здавати власні в оренду. Такі випадки трапляються досить часто, однак умови таких відносин залежать від конкретних контрактів.

Інформаційне забезпечення при здійсненні своєї діяльності автотранспортні підприємства мають завдяки досить популярним і перевіреним он-лайн сервісам інтернет на сайтах, таких як Lardi-Trans.com, ua.transportica.com, della.com.ua, trans-atlas.com.ua та інші. На цих сайтах надається інформація про: маршрут руху; часове вікно: актуальні часові межі виконання замовлення; вимоги до конструкції автотранспортного засобу; вид і характеристики вантажу; вимоги до виконання навантажувальних /розвантажувальних робіт; тариф та умови оплати; інша комерційна інформація.

Потрібно відмітити, що рівень достовірності інформації, її повнота є не цілком задовільними. Крім того, можна виявити певні неузгодження інформації про одні і ті ж замовлення, яка була подана різними сайтами. Тому перевізники, переважно, ведуть власні бази даних стосовно замовників і партнерів по вантажних перевезеннях.

3.2 Результати структурного моделювання та оптимізації транспортних процесів

Структурне моделювання ІТП виконувалось на основі вхідних даних, які досліджувались на підприємстві ТОВ «ЛВ Транс», яке займається перевезеннями вантажів у міському, міжміському та міжнародному сполученнях. Для цього підприємства станом на 11.11.2019 актуальними були такі параметри:

- середня собівартість 1 км пробігу АТЗ з вантажем − 280 грн/км;

- середня собівартість простою автотранспортного засобу − 120 грн/год;

- вартість купівлі інформації про існуючі замовлення у посередників − 280 грн;

- дохід від продажу інформації про наявні замовлення партнерам (іншим АТП) − 280 грн;

- кількість транспортних пунктів, які входять в одну зону обслуговування − 24;

- площа території, яка окреслена як одна зона обслуговування, − 156,2 тис.га;

- кількість автотранспортних засобів, які обслуговують задану зону, − 10;

- горизонт планування (період, впродовж якого в наявності є замовлення на виконання перевезення вантажу, і планується такий транспортний процес) − 72 год;

- кількість автотранспортних засобів, які можна орендувати, − необмежена;

- часові параметри замовлень є дослідженими і наперед відомими (додаток Д).

Ставилась задача − виконати план горизонту прогнозування таким чином, аби отримати максимальний прибуток за формулою (2.4), використавши при цьому власні автотранспортні засоби, орендувавши необхідні, а також здійснивши маніпуляції з наявною інформацією стосовно наявних чи відсутніх замовлень. При цьому допускається, що окремі замовлення не будуть виконуватись через їх невигідність. Якщо після розподілу АТЗ деякі з них будуть нерозподіленими, тоді вони здаються в оренду. Якщо внаслідок аналізу наявних замовлень виявляється недостатня кількість необхідних для перевезення АТЗ у перевізника, тоді він орендує їх у своїх партнерів по кооперації. Таким чином, в результаті оптимізації

вибираються ті варіанти розподілу замовлень, які дають максимальний прибуток при заданих початкових даних.

При виконанні оптимізації наперед невідомо, при якій кількості необхідних АТЗ прибуток від виконання плану перевезень буде максимальним. Тому застосовано ітераційне моделювання при зміні кількості задіяних для перевезень АТЗ. Так само, покроково, змінювались показники вхідного потоку замовлень: коефіцієнт нерівномірності тривалості виконання замовлень і коефіцієнт сумісності замовлень. На рис. 3.1 показано приклад результату одного кроку оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості необхідних автотранспортних засобів R=1. Розрахунки представлені в додатках Е6-Е12. Коефіцієнт сумісності замовлень становить K_c = 0,6, коефіцієнт нерівномірності замовлень − η_t = 1,8. На рис. 3.1 − 3.7 прийняті такі позначення: 0 − початкове фіктивне замовлення, яке означає формальний початок процесу; F − кінцеве фіктивне замовлення, яке означає формальне завершення процесу.

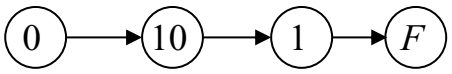


Рисунок 3.1 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 1

Як видно з рис. 3.1 оптимальним є варіант виконання лише двох замовлень №10 і №1 у наведеному порядку. Прибуток, який отримується при цьому, обчислений за формулою (2.4) і становить 10418 грн. При цьому, частина прибутку отримується: а) 71,7% − від виконання двох замовлень; б) 16,8% − від продажу інформації про 8 інших відомих замовлень (№ 2, № 3, № 4, № 5, № 6, № 7, № 8, № 9); в) 11,5% − від здачі в оренду незадіяних АТЗ. При цьому в оренду здаються 4 автотранспортні засоби. Кількість власних автотранспортних засобів всього − 5.

На рис. 3.2 показано оптимальний варіант виконання замовлень, якщо припустити, що кількість вільних автотранспортних засобів – R = 2.

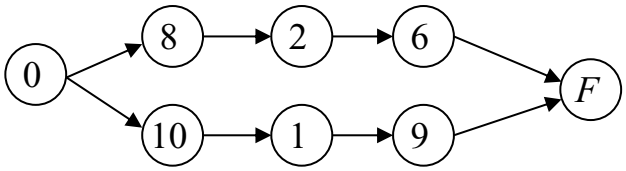


Рисунок 3.2 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 2

У цьому випадку виконується 6 замовлень. Прибуток, який отримується при цьому, становить 14815 грн. Частина прибутку отримується: а) 87,2% − від виконанням шести замовлень; б) 6,7% − від продажу інформації про 4 інші відомі замовлення (№3, № 4, № 5, № 7); в) 6,1% − від здачі в оренду не задіяних у процесі перевезень автотранспортних засобів. При цьому в оренду здаються 3 автотранспортні засоби.

На рис. 3.3 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – $R = 3$.

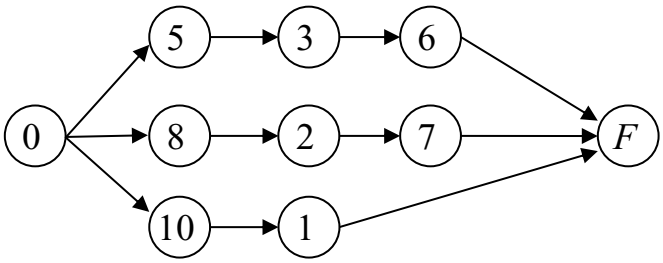


Рисунок 3.3 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 3

У цьому випадку виконується 8 замовлень, 2 замовлення продається партнерам по кооперації. Прибуток, який отримується за цим варіантом, становить 18793 грн. При цьому, частина прибутку отримується: а) 95,5% − від виконанням 8 замовлень; б) 1,3% − від продажу інформації про 2 інших відомих замовлень (№ 4, № 9); в) 3,2% − від здачі в оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду здаються 2 автотранспортні засоби.

На рис. 3.4 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – $R = 4$. Прибуток, який отримується при цьому, становить 20624 грн. Частина

прибутку отримується: а) 98,5% − від виконанням десяти замовлень; б) 0% − від продажу інформації про замовлення; в) 1,5% − від здачі в оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду здається 1 автотранспортний засіб.

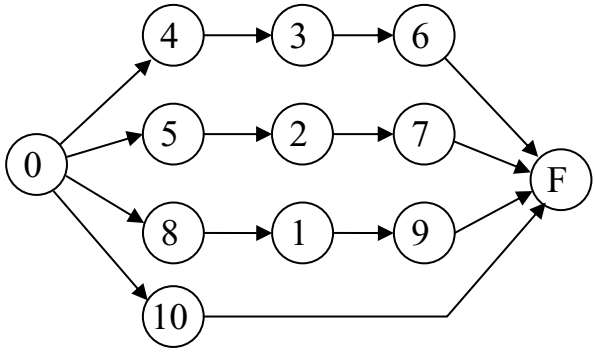


Рисунок 3.4 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 4

На рис. 3.5 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – *R* = 5.

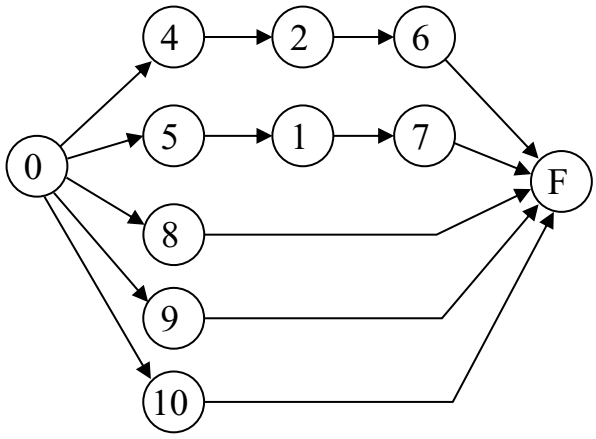


Рисунок 3.5 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 5

Прибуток, який отримується за цим варіантом, становить 20624 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,5% − від виконанням дев’яти замовлень; б) 1,2% − від продажу інформації про замовлення (№ 3); в) 0% − від здачі в оренду АТЗ. Не здається жоден автотранспортний засіб.

На рис. 3.6 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – *R* = 6 (у

подальшому будуть використовиваться 5 власних АТЗ і арендовані). Прибуток, який отримується при цьому − 21473 грн. Увесь прибуток отримується від виконання десяти замовлень. При цьому в оренду не здається жоден автотранспортний засіб і не продається інформація про замовлення. Однак, 1 автотранспортний засіб орендується.

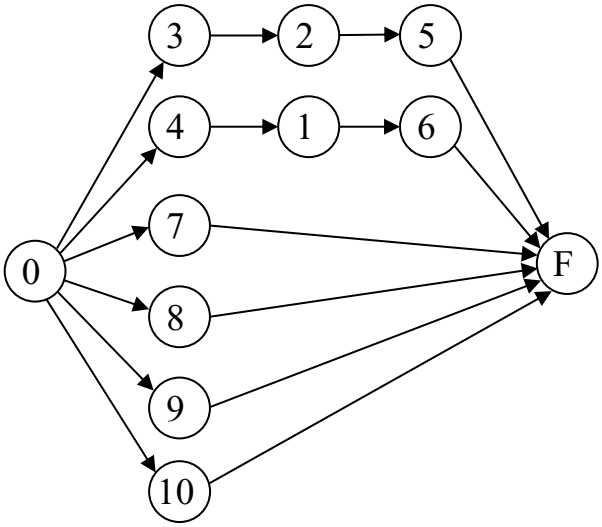


Рисунок 3.6 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 6

На рис. 3.7 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – R = 7.

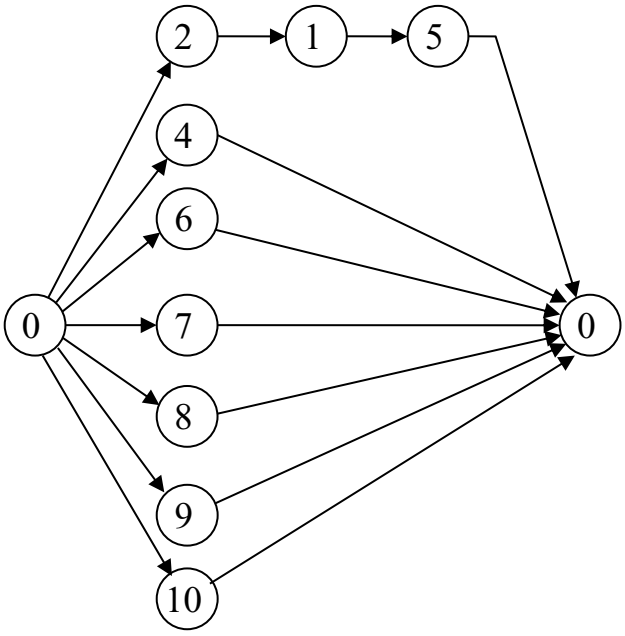


Рисунок 3.7 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 7

Прибуток, який отримується при цьому, становить 20535 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,8% − від виконанням дев’яти замовлень; б) 1,2% − від продажу інформації про одне інше відоме замовлення (№ 3); в) 0% − від здачі в оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду не здається жоден транспортний засіб, а 1 АТЗ − орендується.

На рис. 3.8 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – $R = 8$.

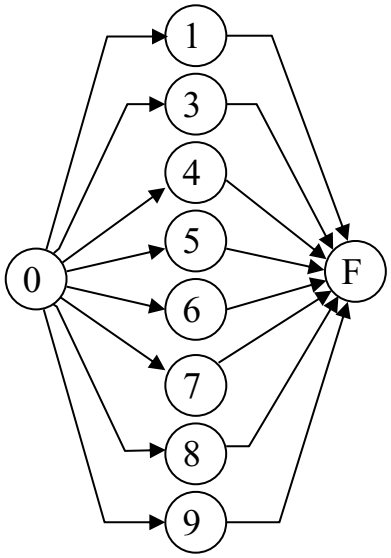


Рисунок 3.8 − Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 8$

Прибуток, який отримується при цьому, − 21370 грн. Увесь прибуток отримується від виконання дев’яти замовлень. Жоден АТЗ не орендується і не здається в оренду. Також жодне замовлення не продається і не купується.

На рис. 3.9 показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, – R=9. Прибуток, який отримується при цьому, − 20378 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,8% − від виконанням дев’яти замовлень; б) 1,2% − від продажу інформації про одне інше відоме замовлення (№ 1); в) 0% − від здачі оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду не здається жоден АТЗ, а 4 АТЗ − орендується. При R=10 вирішення задачі є тривіальним, оскільки усі 10

відомих замовлень виконуються усіма 10 наявними (власними та орендованими) автотранспортними засобами.

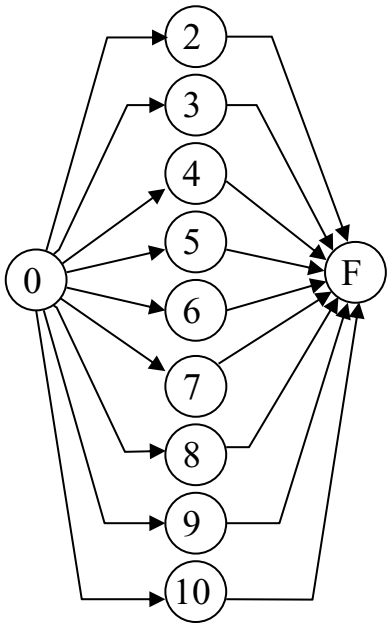


Рисунок 3.9 − Оптимальна схема виконання замовлень при R = 9

Таким чином, отримані результати моделювання при сталих параметрах вхідного потоку замовлень і при змінній кількості залучених АТЗ можна відобразити на рис. 3.10.

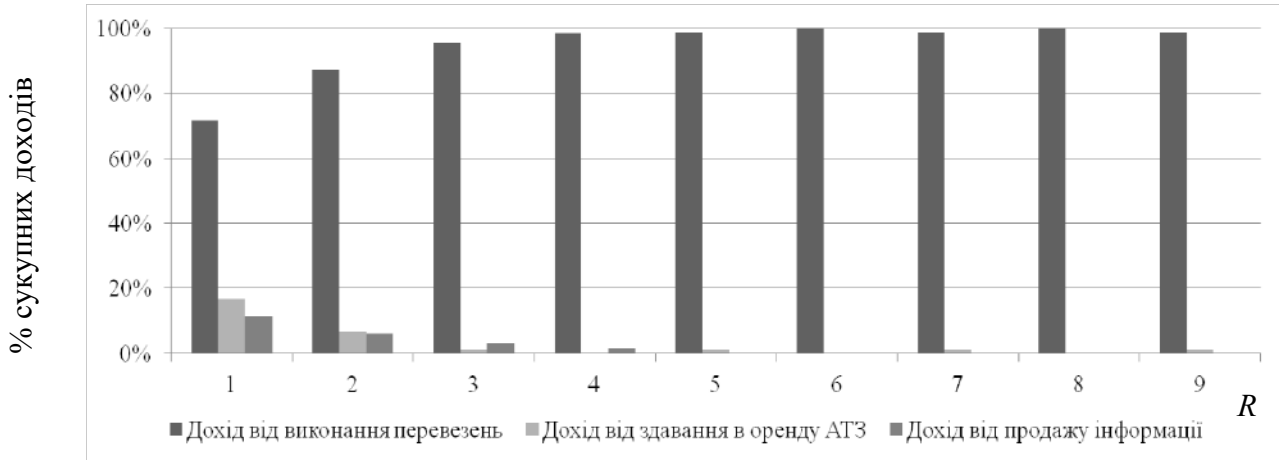


Рисунок 3.10 − Структура доходів перевізника при різній кількості задіяних АТЗ. $K_{сум}$ = 0.6, n_t = 1.8 – ці показники загальні для 10 *замовлень*

Як видно з наведеної гістограми, найбільша частина доходів отримується підприємством від виконання замовлення на перевезення. Лише, коли підприємство має в наявності 5 власних АТЗ, а використовує для виконання перевезень 1-2, тоді доходи від здачі в оренду АТЗ перевищують лише 10% від сукупних. Доходи від продажу інформації для АТП означають, що із 10 відомих замовлень 10−R буде продано партнерам по кооперації, де R – кількість задіяних АТЗ, разом з орендованими. Максимальні (100%) доходи від виконання замовлень на перевезення буде отримано при залученні 6 АТЗ, з них − 5 власних + 1 орендований, і при 8 залучених АТЗ, з них − 5 власних + 3 орендованих.

Як видно з наведених результатів, доходи перевізника від виконання замовлень на перевезення при залученні орендованих автотранспортних засобів − зростають. Це пояснюється виконанням більшої кількості замовлень. Однак, прибуток перевізника не збільшується. Це видно з рис. 3.11.

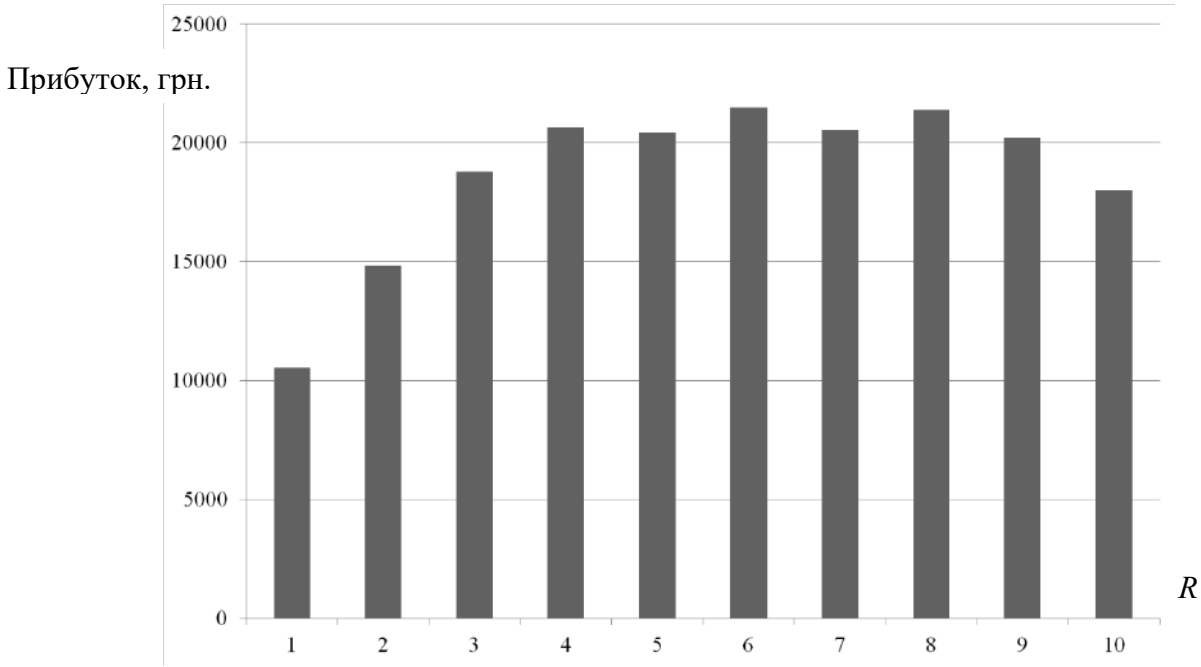


Рисунок 3.11 − Залежність прибутку перевізника від кількості задіяних власних та орендованих транспортних засобів при максимальній кількості 10 *відомих замовлень*

Так, якщо кількість орендованих АТЗ перевищує 3, або понад 60% від задіяних власних АТЗ, тоді прибуток перевізника зменшується, що пов'язано із зростанням орендної плати і неефективним використанням автотранспортних засобів, які є в його розпорядженні.

3.3 Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від параметрів потоку вхідних замовлень

Теоретично встановлено, що ефективна діяльність перевізника із взаємодією з партнерами по кооперації та із конкурентами залежить від попиту на послуги з виконання перевезень вантажів. Для того, щоб дослідити закономірності цієї залежності, було виконано структурне моделювання з оптимізацією за критерієм сукупного прибутку від діяльності перевізника для впорядкованих вхідних потоків замовлень [117]. Покрокове вирішення цієї задачі наведене нижче.

Початкові впорядковані вхідні масиви даних. Для того, щоб дослідити вплив коефіцієнтів сумісності і часової нерівномірності замовлень на можливість АТП досягнути максимального прибутку *П*, було побудовано матрицю $\left|a_{i.j}\right|$ зв'язків (2.5), елементи якої обчислюються за виразом:

$$a_{i.j} = a_{i.j-1} + a_{i.j-1} \cdot B, \tag{3.1}$$

де $i = 0..N, j = 1..N$ − номери замовлень;

B − емпіричний коефіцієнт, числове значення якого підбиралось таким чином, аби середнє значення коефіцієнта сумісності K_c, обчислене за виразом (2.11), дорівнювало наперед заданому значенню $K_{c.з}$.

Для того, щоб підібрати значення матриці $\left|a_{i.j}\right|$ за виразом (3.1), необхідно задатись початковими значеннями $a_{0.j}$, які залежать від коефіцієнта часової нерівномірності замовлень η_t. Для того, щоб підібрати вектор початкових значень $a_{0.j}$, де $j = 1..N$, використано вираз:

$$a_{0.j} = a_{0.j-1} + a_{0.j-1} \cdot C, \tag{3.2}$$

де $j = 2..N;$

C − емпіричний коефіцієнт, числове значення якого впливає на формування необхідного значення коефіцієнта нерівномірності η_t серед величин $a_{0.j}$ (за формулою (3.2)).

Для того, щоб підготувати вхідні дані для дослідження замовлень вибрано початкове значення $a_{0.1}$ = 2 год., що відповідає середній тривалості їздки з вантажем на підприємствах ТОВ «Транс-Сервіс-1» та ТОВ «ЛВ-Транс», які здійснюють вантажні автомобільні великогуртові перевезення. Для генерації ряду початкових даних $a_{0.j}$, j = 1..N застосовано пакет аналізу «What-if» з електронних таблиць Excel. Даний пакет дає змогу знайти таке значення змінної/константи, при якому задана формула набуває потрібного значення. Бажані значення коефіцієнта нерівномірності η_t вибирались послідовно з множини {1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.0, 2.2}. Так, якщо потрібно, щоб η_t = 1.1, тоді пакет аналізу «What-if» видав значення C = 0,02186. При цьому ряд початкових значень для N = 10 за формулою (3.2) набуває вигляду:

$a_{0.1}$ = 2.0; $a_{0.2}$ = 2.0; $a_{0.3}$ = 2.1; $a_{0.4}$ = 2.1; $a_{0.5}$ = 2.2; $a_{0.6}$ = 2.2; $a_{0.7}$ = 2.3; $a_{0.8}$ = 2.3; $a_{0.9}$ = 2.4; $a_{0.10}$ = 2.4.

Усі інші елементи матриці $\left|a_{i.j}\right|$ встановлюються в залежності від наперед заданого коефіцієнта сумісності K_c, який послідовно вибирався із множини ймовірних значень $K_c \in$ {0,9, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3 0,2}. Для обчислення матриці $\left|a_{i.j}\right|$ використано формулу (3.1), у якій коефіцієнт B вибирався за допомогою пакету аналізу «What-if». Так, наприклад, при η_t = 1,8 вектор даних $a_{0.j}$={2,0, 2,3, 2,7, 3,1, 3,7, 4,3, 5,0, 5,8, 6,7, 7,8}. Було задано, що коефіцієнт сумісності має бути K_c = 0,6. При застосуванні пакету аналізу для формули (3.1) знайдено B = 0,112418 і побудовано матрицю (табл. 3.2).

Для повнофакторного дослідження впливу коефіцієнтів K_c і η_t на структуру інтегрованого транспортного процесу та на прибуток від діяльності та кооперації перевізника з іншими АТП потрібно побудувати

$K_c \times \eta_t$ таких матриць, які охоплюють увесь вектор початкових значень як K_c, так і η_t.

Таблиця 3.2 – Матриця впорядкованих початкових даних стосовно часових зв'язків, год.

Замовлення №	Замовлення №									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	2,0	2,3	2,7	3,1	3,7	4,3	5,0	5,8	6,7	7,8
1	10000	2,6	3,0	3,4	4,1	4,8	5,6	6,5	7,5	8,7
2	2,2	10000	3,3	3,8	4,6	5,3	6,2	7,2	8,3	9,7
3	2,5	2,8	10000	4,3	5,1	5,9	6,9	8,0	9,2	10,7
4	2,8	3,2	3,7	10000	5,7	6,6	7,7	8,9	10,3	11,9
5	3,1	3,5	4,1	4,7	10000	7,3	8,5	9,9	11,4	13,3
6	3,4	3,9	4,6	5,3	6,3	10000	9,5	11,0	12,7	14,8
7	3,8	4,4	5,1	5,9	7,0	8,1	10000	12,2	14,1	16,4
8	4,2	4,8	5,7	6,5	7,8	9,1	10,5	10000	15,7	18,3
9	4,7	5,4	6,3	7,3	8,7	10,1	11,7	13,6	10000	20,3
10	5,2	6,0	7,0	8,1	9,7	11,2	13,0	15,1	17,5	10000

Застосування пакету пошуку розв'язку до нелінійної задачі цілочислового програмування. Для розв'язання задачі структурної оптимізації, сформульованої в розділі 2, застосовано прикладний пакет *Solver* (додаток Е). Оскільки описана модель (2.4)-(2.10) є нелінійною, то це потрібно обумовити в панелі діалогового вікна програми. Для успішного знаходження розв'язку потрібно вибрати градієнтний метод (додаток Є5). Однак, розв'язування потрібно починати з крайових умов, тобто тоді, коли $R = 1$, $\eta_t = 1$, $K_c = 1$. Друга крайня точка – коли $R = 10$, $\eta_t = 1$, $K_c = 1$. Далі, методом швидкого спуску, змінюючи умови, знаходимо проміжні розв'язки. Результати оптимізації наведені на рис. 3.12.

З наведених результатів видно, що максимальний прибуток АТП залежить від коефіцієнта сумісності замовлень в єдиному потоці. Так, при $К_с = 0.9$, максимальний прибуток становить 19,75 тис. грн. При цьому не усі замовлення приймаються до виконання. Частина замовлень продається партнерам по кооперації. А вже при $К_с = 0.2$ максимальний прибуток

становить 18,1 тис. грн. При цьому усі замовлення з горизонту прогнозування виконуються власними і орендованими АТЗ.

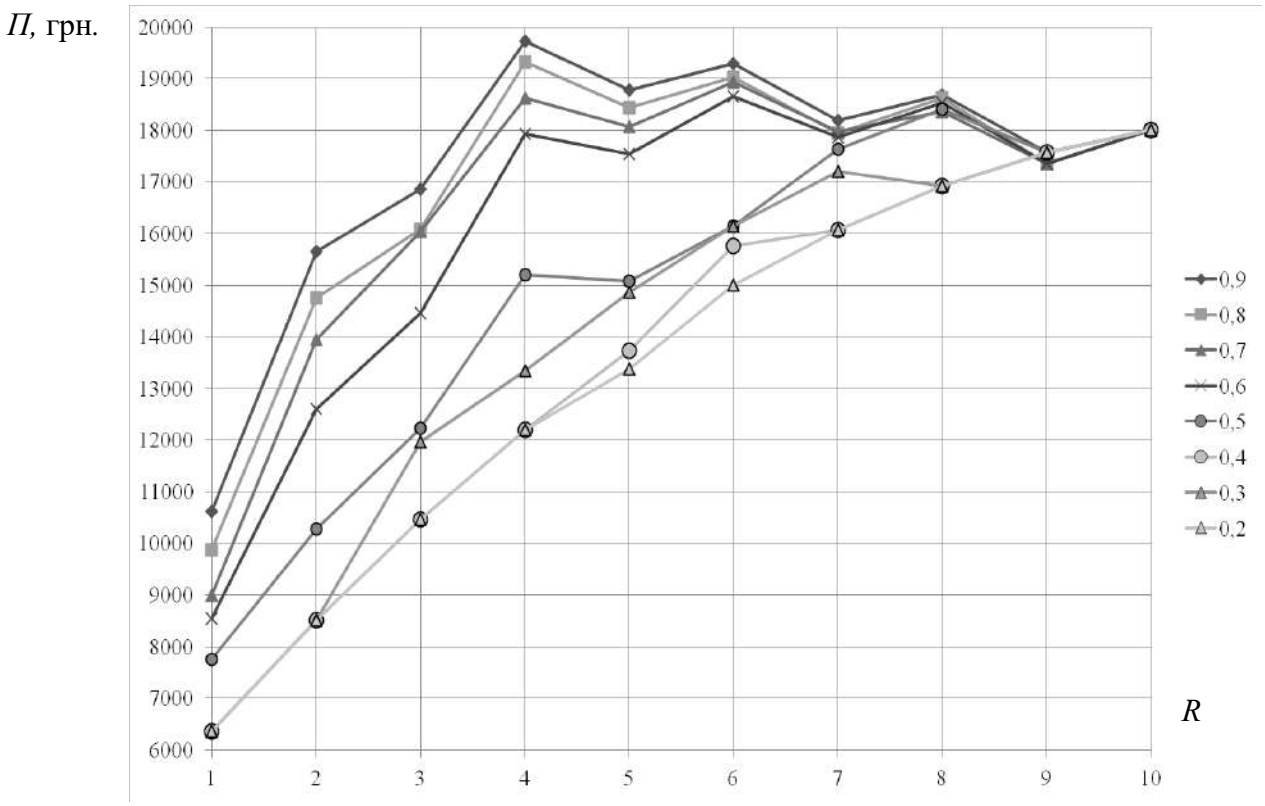


Рисунок 3.12 − Залежність сукупних прибутків від виконання замовлень з перевезення вантажів від кількості задіяних автотранспортних засобів та коефіцієнта сумісності замовлень

Як можна помітити, максимальний прибуток при зменшенні коефіцієнта сумісності замовлень зміщається в сторону збільшення задіяних власних та орендованих автотранспортних засобів.

В цілому, при збільшенні коефіцієнта сумісності замовлень максимальний прибуток починає зростати майже лінійно (рис. 3.13), але починаючи від числового значення $К_с$ = 0.4. Це пов’язано із тим, що при низьких значеннях коефіцієнта сумісності замовлень АТП цілком перекладає функції виконання замовлень на перевезення орендованими АТЗ, тобто на своїх партнерів по кооперації.

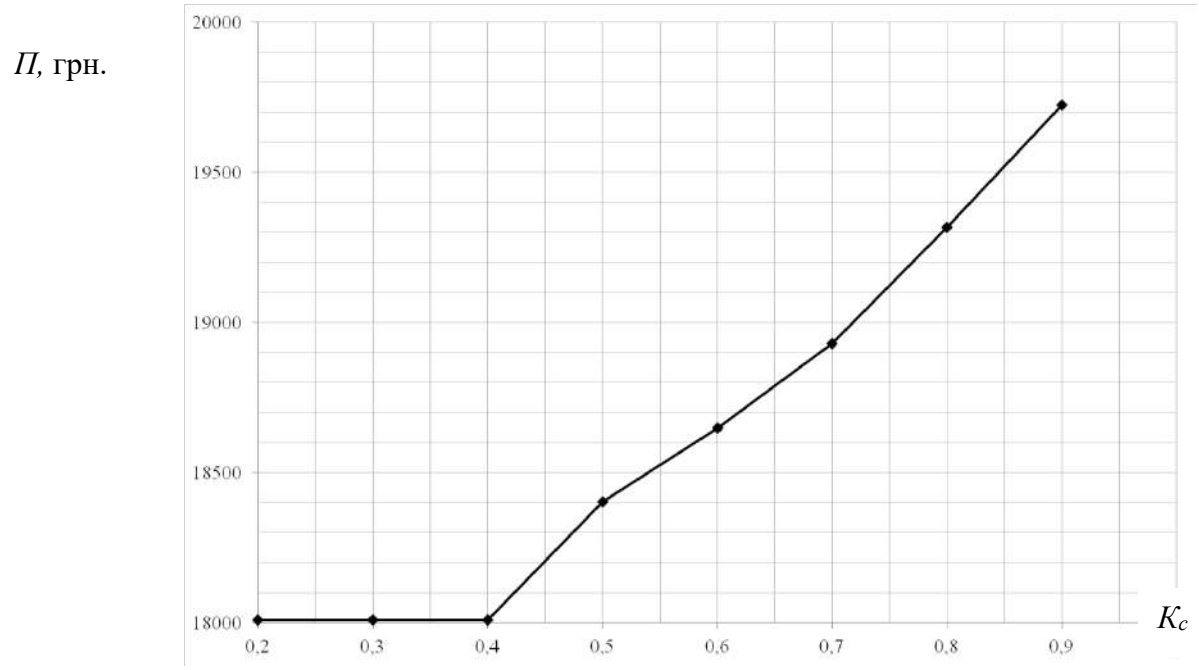


Рисунок 3.13 − Залежність сумарного прибутку від господарської діяльності перевізника від коефіцієнта сумісності замовлень $К_с$ при значенні коефіцієнта часової нерівномірності η_t =1,6

Низький коефіцієнт сумісності спричинює більші витрати на перевезення при тій самій вартості. А орендна плата − фіксована величина. Тому числове значення $К_с$ можна цілком пов’язати із рівнем спеціалізації та концентрації АТП.

Результати оптимізації структури транспортного процесу при лінійній апроксимації моделі (2.4) наведені на рис. 3.14. Розв’язки лінійної моделі отримуються без введення крайових умов.

Однак, якщо порівняти ці результати з нелінійною моделлю (рис. 3.15) з обмеженнями (2.4)-(2.10), то максимальний прибуток отримується більшим майже вдвічі. При лінійній апроксимації власні АТЗ підприємства виконують лише по одній завантаженій їздці за цикл, що пов’язано з недосконалістю моделі. Нелінійний варіант моделі дає складніші цикли для кожного автотранспортного засобу, коли вибираються сумісні замовлення, які включаються в єдиний маршрут.

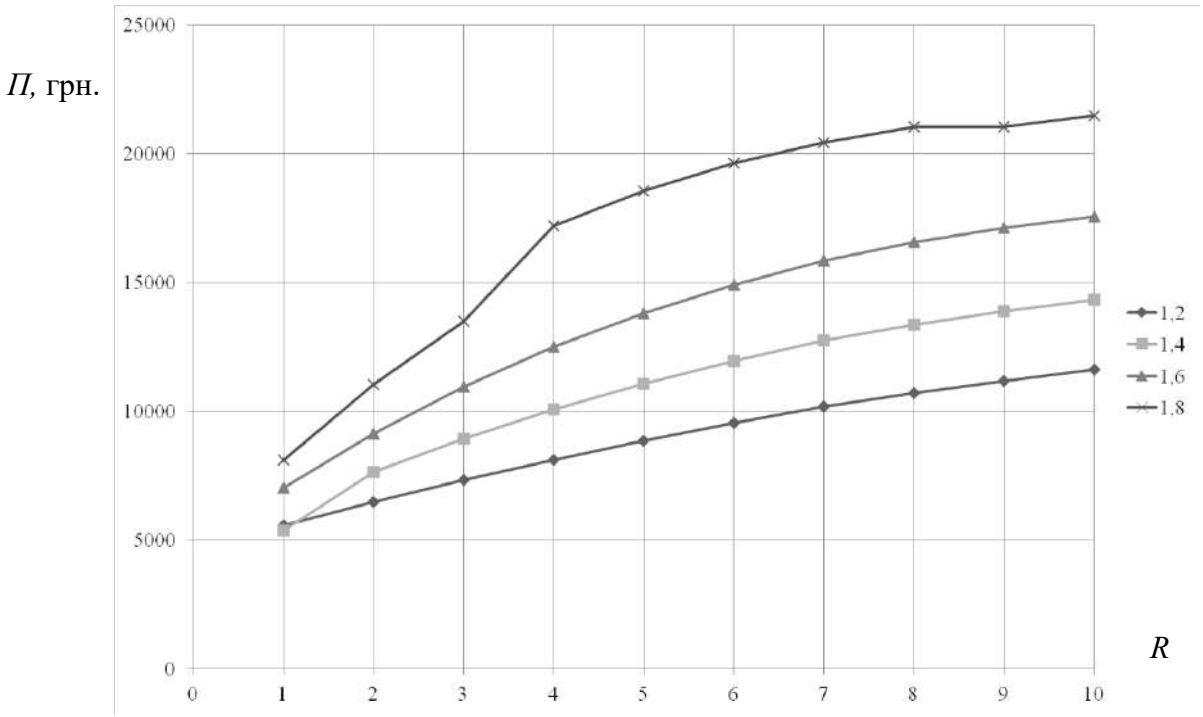


Рисунок 3.14 − Залежність сумарного прибутку від виконання замовлень на перевезення вантажів від кількості задіяних (власних і орендованих) автотранспортних засобів та коефіцієнта нерівномірності η_t при лінійній апроксимації моделі

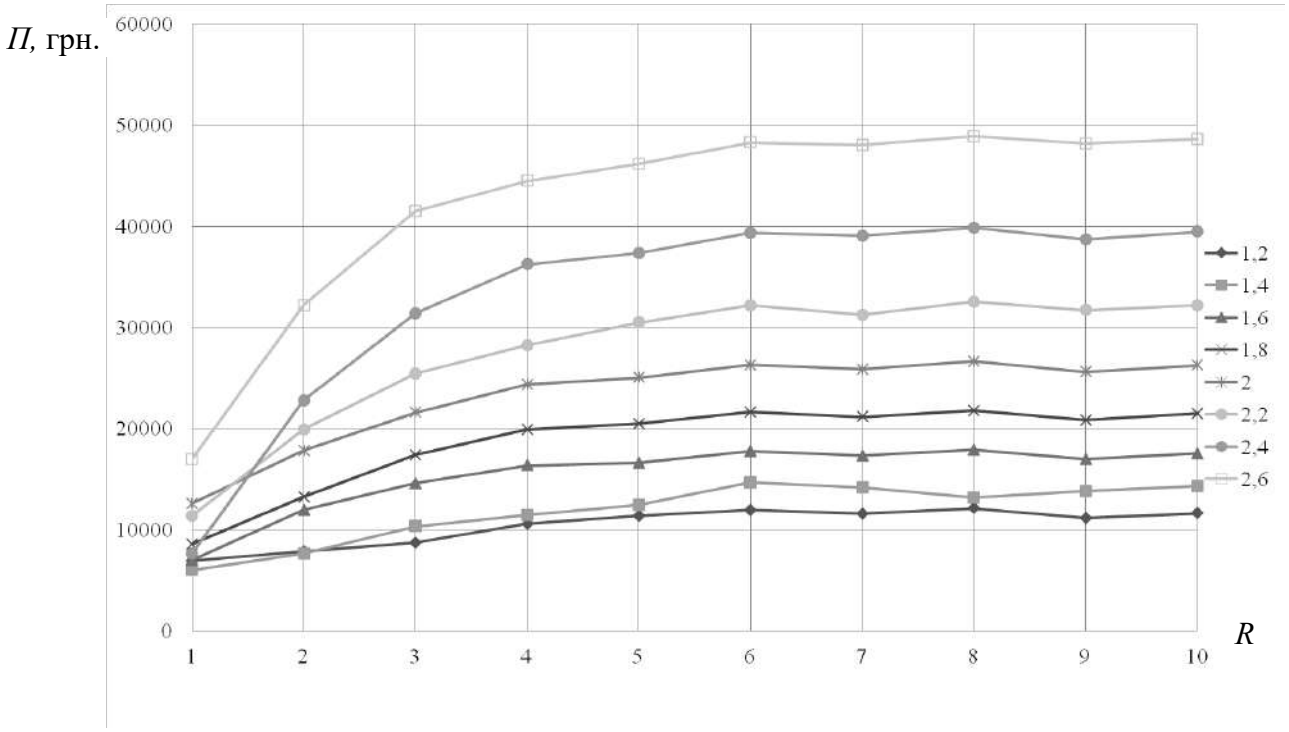


Рисунок 3.15 − Залежність сумарного прибутку від виконання замовлень на перевезення вантажів від кількості задіяних (власних і орендованих) автотранспортних засобів та коефіцієнта нерівномірності η_t за нелінійною моделлю

Також видно, що коефіцієнт часової нерівномірності замовлень позитивно впливає на можливість отримання більшого максимального сумарного прибутку. Це пояснюється наявністю в горизонті планування різних за тривалістю замовлень, які дають змогу побудувати більш досконалі цикли.

Замовлення на перевезення вантажів, які надходять до АТП від клієнтів та посередників, мають такі числові характеристики: t_i – середня прогнозована тривалість виконання замовлення без урахування впливу попередніх та підготовчих операцій; wb_i – найбільш ранній момент початку (*begin*) виконання *i*-го замовлення; we_i – найбільш пізній момент завершення (*end*) виконання *i*-го замовлення; l_i – відстань, на яку потрібно перевезти вантаж. Також перевізникові відома вартість виконання перевезень, яка є результатом зрівноваження попиту і пропозиції, тому АТП має на вартість незначний вплив. Переважно, вартість перевезення партії вантажів є пропорційною відстані перевезення з урахуванням фактичної вантажопідйомності АТЗ [73].

АТП має виробничі бази, розташовані в містах Гайсин (замовлення № 1, 2), Дніпро (замовлення № 3-7) та Одеса (замовлення № 8-12). Транспортна мережа, по якій здійснюються перевезення, розташована в центральній, східній і південній частині України. Перевезення виконуються автопоїздами великої вантажопідйомності у складі автомобіля-тягача і напівпричепа-самоскида.

В табл. 3.3 наведений фрагмент добового наряду на перевезення насипних вантажів у міжміському сполученні для парку АТЗ. Як видно з табл. 3.3, попит на перевезення перевищує пропозицію АТП по АТЗ, тому задача оптимального розподілу рухомого складу є актуальною для автотранспортного підприємства. Новий перелік замовлень для АТП формується, переважно, щодоби. Доба є також одиницею планування маршрутів. У зв’язку із цим, зміни у потоці замовлень, які відбуваються після формування наряду, не враховуються, і це приносить чималі збитки

перевізникові. Адже граничні терміни можуть спливати вже наступної доби, і вони можуть бути недотриманими, тому замовлення для підприємства може бути втраченим.

Таблиця 3.3 – Фрагмент добового наряду для виконання перевезень автомобілями-самоскидами, які знаходяться на балансі АТП

№ замовлення	Доступна кількість автомобілів на базі	Кількість автомобілів на завантаження, яку заявляє менеджер	Маршрут	Тривалість їздки з вантажем, хв	Вид вантажу	Часове вікно, год.		Вартість однієї їздки, грн	Відстань, км
						від	до		
1	4	3	Нові Біляри - Миколаїв	80	Ячмінь	0	24	2900	100
2		3	Харків – Слов'янськ	160	Комбікорм	0	48	5100	175
3	12	1	Черкаси - Дніпро	380	Комбікорм	0	48	8300	285
4		1	Павлоград - Миронівка	440	Соняшник	0	24	5500	190
5		8	Черкаси - Вінниця	290	Комбікорм	0	96	9900	342
6		5	Березанка - Одеса	80	Шрот	0	96	2400	83
7		1	Дмитрівка - Южний	45	Пшениця	12	48	1250	43
8	20	2	Хмельницький - Чорноморськ	430	Соняшник	12	48	16600	571
9		5	Кропивницький - Чорноморськ	300	Соняшник	12	96	10000	346
10		4	Гайсин - Чорноморськ	230	Соняшник	24	72	10100	349
11		4	Вінниця - Чорноморськ	310	Соняшник	24	120	12850	443
12		5	Голованівськ - Чорноморськ	180	Соняшник	48	96	7630	263
–	36	42	–	–	–	–	–	–	–

Натомість, часові вікна дають змогу не тільки виконати вимоги замовника, але й забезпечити виконання перевезень мінімальною кількістю АТЗ. Для того, щоб використати потенціал часових вікон, а також виконати максимальну кількість випадкових замовлень, розглянемо часові зв'язки між двома їздками з вантажами i, j між пунктами, відповідно b_i e_i, та b_j e_j (рис. 3.16). Кожне із замовлень має часове вікно wb_i – we_i, яке обчислюють від моменту планування. Якщо замовлення j виконується безпосередньо після замовлення i одним і тим ж автомобілем, тоді з пункту e_i АТЗ повинен

виконати нульову їздку до пункту b_j, звідки починається виконання замовлення j.

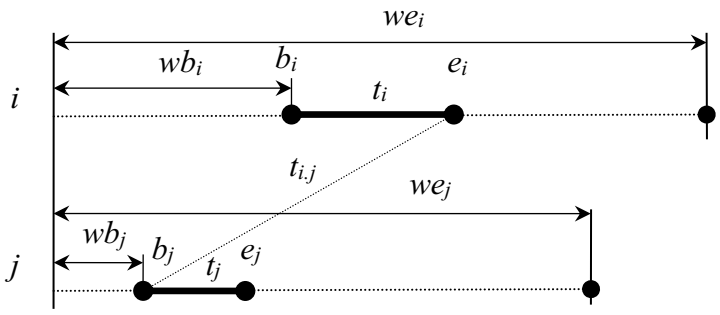


Рисунок 3.16 – До розрахунку часового зв'язку $a_{i.j}$

Однак, потрібно врахувати усі можливі співвідношення між часовими параметрами замовлень, які призводять до зміни a_{ij} – найменшої можливої тривалості виконання j-го замовлення зразу за i-м замовленням із використанням одного і того ж АТЗ. Для цього нами було проаналізовано усі можливі співвідношення величин wb_i, we_i, wb_j, we_j, і складено узагальнений вираз для обчислення a_{ij}:

$$a_{ij} = \max\left(\left(wb_i + t_i + t_{i.j}\right); wb_j\right) - \left(wb_i + t_i\right) + t_j . \qquad (3.3)$$

Вираз (3.3) виконується при умові, що $a_{ij} < we_j$. В протилежному випадку складається ситуація, яка означає, що $a_{ij} = +\infty$, тобто виконання замовлення j після замовлення i є неможливим. Згідно з виразом (3.3), якщо $\left(wb_i + t_i + t_{i.j}\right) > wb_j$, тоді для визначення часового зв'язку a_{ij} потрібно перевірити умову:

$$\left(wb_i + t_i + t_{i.j}\right) \le we_j , \qquad (3.4)$$

тобто визначити, чи вкладається виконання замовлення в часовий допуск. Якщо умова (3.4) виконується, тоді часовий зв'язок a_{ij} обчислюється за виразом:

$$a_{ij} = t_j + t_{i.j} . \qquad (3.5)$$

Якщо $\left(wb_i + t_i + t_{i.j}\right) < wb_j$, тоді часовий a_{ij} зв'язок обчислюємо за виразом:

$$\left(wb_j - wb_i\right) + \left(t_j - t_i\right). \qquad (3.6)$$

Таким чином, часові зв'язки a_{ij}, a_{ji} можна побудувати для будь-якої пари *i, j* замовлень. При цьому утворюється матриця зв'язків (a_{ij}), яку використовують для впорядкування процесу виконання множини замовлень. Зокрема, впорядкування можна провести за критерієм максимального прибутку від виконання заданої множини відомих замовлень на перевезення:

$$П = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot x_{ij} - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} a_{ij}x_{ij}C_t - \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} l_{ij}x_{ij}C_l \to \max, \qquad (3.7)$$

де *i, j* =1..*N* – номер замовлення; P_i – вартість виконання *i*-го замовлення; x_{ij} ={0,1} – двійкова змінна, яка набуває значення 1, якщо *j*-е замовлення виконуватиметься одним автомобілем після *i*-го, і 0, – в протилежному випадку; C_t – постійні погодинні витрати, пов'язані із забезпеченням і виконанням АТП одного замовлення, що мають місце незалежно від того, яка операція виконується в даний час (погодинна оплата праці виконавців, орендна плата за основні засоби, оплата відряджень, штрафи, обов'язкові платежі тощо); l_{ij} – пробіг АТЗ на маршруті, пов'язаний з виконанням *j*-го замовлення (нульовий пробіг, незавантажена їздка, їздка з вантажем); C_l – змінні витрати, які пов'язані з рухом АТЗ на маршруті (витрати на паливо, мастильні матеріали, шини тощо).

Другий член рівняння (3.7) назвемо часовими витратами, які у більшості відомих розподільчих задач не враховувались. Через простої АТЗ або невчасне виконання замовлення такі витрати можуть сягати понад 2/3 собівартості виконання замовлення. Тому для реалізації критерію (3.7) формулюють і розв'язують таку задачу. Задано множину замовлень Z={0..N+1}, де замовлення z_0, z_{N+1} є фіктивними, вони використовуються для формалізації початку і завершення виконання добового наряду. З множини Z потрібно вибрати підмножину $Z' \subseteq Z$ і визначити елементи матриці (x_{ij}), тобто активізувати такі зв'язки a_{ij}, щоб вираз (3.7) набував максимуму. При цьому мають виконуватись умови:

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ij} \le 1. \qquad (3.8)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ij} - \sum_{j=1}^{N} x_{ij} = 0. \quad (3.9)$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_{0.j} - \sum_{i=1}^{N} x_{i.0} \le R. \quad (3.10)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{i.N+1} - \sum_{j=1}^{N} x_{N+1.j} \ge -R, \quad (3.11)$$

де R – доступна кількість АТЗ на базі АТП.

Обмеження (3.8) означає, що кожне j-е замовлення може бути виконаним не більше одного разу. Це також означає, що окремі замовлення, заради отримання максимального прибутку, можуть взагалі не прийматись. Обмеження (3.9) означає, що для виконання замовлень АТЗ проїжджають кожен запланований маршрут лише один раз (зв'язок a_{ij} лише один раз реалізовується в транспортному процесі). Обмеження (3.10) і (3.11) означають, що для виконання усього плану замовлень може бути використано не більше, ніж доступна кількість АТЗ.

Задача у подібному формулюванні є відомою і розв'язувалась раніше, за виключенням нового сформульованого критерію. У математичному формулюванні – це задача цілочислового програмування. У зв'язку із тим, що в обмеженнях (3.8), (3.10), (3.11) присутні знаки нерівності, задача відноситься до нелінійних. Тому гарантовані точні розв'язки при ній не отримуються [112]. На практиці задовільними вважаються приблизні розв'язки з оцінкою відхилень. Однак, при зростанні кількості змінних розв'язок задачі є неможливим. Наприклад, при застосуванні матриці змінних x_{ij} розміром більшим, ніж 12×12, і застосуванні методу градієнтного спуску розв'язок задачі за допустимий час – відсутній.

У зв'язку із цим нами було застосовано ознаки, за якими замовлення можна згрупувати у такі множини, пошук послідовності виконання яких є тривіальним, або таким, що зводиться до лінійної задачі математичного програмування. Враховуючи теорему, сформульовану в роботі [113], достатньо використати лише одну ознаку сумісності замовлень, щоб

встановити бажану послідовність їх виконання. Такою ознакою може послуговувати коефіцієнт сумісності, який обчислюється за виразом:

$$K_{c.ij} = \frac{a_{0.j}}{a_{ij}}, \tag{3.12}$$

де $a_{0.j}$ – тривалість виконання j-го замовлення в припущенні, що підготовчі операції, очікування і простої АТЗ відсутні (чиста тривалість виконання замовлення).

Згідно з виразом (3.12) замовлення вважатимемо абсолютно сумісними, якщо $K_{c.ij} = 1$. У такому випадку виконання j-го замовлення слід призначати на одному маршруті одним і тим же АТЗ безпосередньо після виконання i-го замовлення. У цьому випадку витрати часу на незавантажений пробіг, на простої та очікування і затримки доставки вантажу будуть близькими до нуля. Таким чином, встановлюються пріоритети виконання замовлень. Якщо $K_{c.ij} \to 0$, то послідовність виконання замовлень $i \to j$ застосовувати не слід.

Розглянемо часовий зв'язок j-го замовлення з формальним початком процесу, тобто $a_{0.j}$. Цей зв'язок фактично означає необхідність додаткового виконання нульового пробігу від бази АТП до місця першого завантаження, безпосередньо завантаження і виконання їздки з вантажем. Простої АТЗ, пов'язані із часовими рамками замовлення і нескоординованістю роботи рухомого складу – відсутні. Якщо $K_{c.0j} \approx 1$, то відповідне j-е замовлення доцільно виконати на початку добового наряду. При цьому подачу АТЗ організовують від найближчої виробничої бази АТП. Отже, ті замовлення, для яких:

$$K_{c.0\,j} = \max_{0<i\le N}\left\{K_{c.ij}\right\}, \tag{3.13}$$

віднесемо до множини замовлень першого пріоритету, тобто таких, які треба виконати першочергово, подавши під завантаження АТЗ з найближчої виробничої бази АТП. Якщо для будь-якого замовлення j серед множини коефіцієнтів $K_{c.ij}$ знайдеться такий коефіцієнт, що $K_{c.ij} = K_{c.0j}$, і при цьому виконується умова (3.13), тоді j-е замовлення не має абсолютного першого

пріоритету, а тому, згідно з [114], потрібно вибрати додаткову ознаку сумісності. Такою ознакою може бути запропонований нами коефіцієнт концентрації замовлень (2.14) та його видозміни, які вказують на тип маршруту (маятниковий, кільцевий з розривами, розвізний, збірний тощо), який найбільш доцільно застосувати для виконання заданого списку замовлень.

Якщо коефіцієнт концентрації для множини невпорядкованих замовлень набуває мінімального значення, тоді перевага надається маятниковим маршрутам, і замовлення, для якого $K_{c.ij} = K_{c.0j}$, й виконується умова (3.13), планується першочергово. І навпаки, якщо $K_k \rightarrow 2N_z$, тоді слід планувати кільцеві маршрути і пріоритет j-го замовлення визначається наступним показником сумісності – коефіцієнтом нерівномірності (2.17).

На відміну від попередніх коефіцієнтів, коефіцієнтом нерівномірності η_t стосується лише «чистої» тривалості виконання замовлення, тобто без врахування перехідних та підготовчих операцій. Мінімальне значення коефіцієнта нерівномірності – $\eta_t = 1$. Чим більшою є нерівномірність виконання замовлень, тим складнішою буде задача побудови ефективного ТП для однотипних АТЗ одного і того ж АТП.

Отже, менше значення η_t означає, що на порядок виконання замовлень накладаються менш суворі обмеження. Тому послідовність виконання замовлень не впливатиме на витрати у транспортному процесі. Більші числові значення нерівномірності, згідно з евристичними принципами впорядкування [113], надають пріоритет замовленням у порядку зростання їх абсолютної тривалості.

Таким чином, впорядкування виконання замовлень здійснюється за пріоритетами, що визначаються почергово такими кроками:

1) найвищий пріоритет визначається за коефіцієнтом сумісності: вибрати в нульовому рядку матриці (a_{ij}) коефіцієнт $K_{c.0j}$ з максимальним

значенням у своєму стовпчику; вибрати такі замовлення, для яких $K_{c.ij} = K_{c.0j}$; далі перейти до кроку 2;

2) якщо є декілька замовлень, які не відрізняються за коефіцієнтом сумісності, тоді пріоритет виконання *j*-го замовлення треба встановити за коефіцієнтом концентрації K_k: перевагу має те замовлення, для якого коефіцієнт концентрації наближається до свого максимуму; далі перейти до кроку 3;

3) визначити коефіцієнт нерівномірності множини відомих замовлень і вибрати черговість виконання замовлення *j*; якщо коефіцієнт нерівномірності є близьким до 1, тоді пріоритет необхідно встановити одним з евристичних принципів [113, 115].

Такий алгоритм було застосовано до потоку вхідних замовлень на перевезення вантажів, фрагмент якого наведений в табл. 3.3. Для спрощення було зроблене припущення про виконання кожного із 12 замовлень одним АТЗ. За формулою (3.5) було визначено часові зв'язки замовлень (табл. 3.4). Головна діагональ побудованої матриці містить наперед велике число.

Таблиця 3.4 – Часові зв'язки замовлень

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	120	320	590	510	360	160	125	610	480	230	385	260
1	1E+08	640	650	680	560	130	145	890	480	500	660	360
2	740	1E+08	860	630	770	710	725	1220	820	950	1040	900
3	470	320	1E+08	630	570	430	445	1070	550	670	830	600
4	660	280	620	1E+08	530	580	285	1000	570	700	820	350
5	410	780	670	1040	1E+08	560	365	550	570	310	310	340
6	120	760	710	940	620	1E+08	105	760	590	440	610	330
7	100	720	750	900	660	120	1E+08	890	550	500	620	390
8	170	820	750	990	660	200	145	1E+08	660	590	500	370
9	170	820	750	990	660	200	145	880	1E+05	590	500	370
10	170	820	750	990	660	200	145	880	660	1E+08	558	428
11	170	820	750	990	660	200	145	880	660	590	1E+08	370
12	170	820	750	990	660	200	145	880	660	590	500	1E+08

Матриця часових зв'язків послужила для визначення коефіцієнтів сумісності (табл. 3.5). Діагональ матриці – нулі. Як видно з табл.3.5, перший пріоритет на виконання мають замовлення №№ 4, 5, 8, 9, 10, 12, оскільки K_c нульового рядка є для них максимальним. Ці замовлення мають виконуватись на початку процесу.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнти сумісності замовлень

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0,67	0,50	0,44	**0,86**	**0,81**	0,50	0,36	**0,70**	**0,63**	**1,00**	0,81	**0,69**
1	0,00	0,25	0,58	0,65	0,52	0,62	0,31	0,48	**0,63**	0,46	0,47	0,50
2	0,11	0,00	0,44	0,70	0,38	0,11	0,06	0,35	0,37	0,24	0,30	0,20
3	0,17	0,50	0,00	0,70	0,51	0,19	0,10	0,40	0,55	0,34	0,37	0,30
4	0,12	**0,57**	0,61	0,00	0,55	0,14	0,16	0,43	0,53	0,33	0,38	0,51
5	0,20	0,21	0,57	0,42	0,00	0,14	0,12	0,68	0,53	0,74	**1,00**	0,53
6	0,67	0,21	0,54	0,47	0,47	0,00	0,43	0,57	0,51	0,52	0,51	0,55
7	0,80	0,22	0,51	0,49	0,44	0,67	0,00	0,48	0,55	0,46	0,50	0,46
8	0,47	0,20	0,51	0,44	0,44	0,40	0,31	0,00	0,45	0,39	**0,62**	0,49
9	0,47	0,20	0,51	0,44	0,44	0,40	0,31	0,49	0,00	0,39	**0,62**	0,49
10	0,47	0,20	**0,51**	0,44	0,44	0,40	0,31	0,49	0,45	0,00	0,56	0,42
11	0,47	0,20	0,51	0,44	0,44	0,40	0,31	0,49	0,45	0,39	0,00	0,49
12	0,47	0,20	0,51	0,44	0,44	0,40	0,31	0,49	0,45	0,39	**0,62**	0,00

Оскільки для замовлення № 9 $K_{c.0.9} = K_{c.1.9}$, то за вищенаведеним алгоритмом перевіряємо пріоритет цього замовлення. Так як коефіцієнт концентрації K_k = 0,83, то перевага надається маятниковому маршруту і, відповідно, першому пріоритетові замовлення № 9. Після складання множини замовлень першого пріоритету складаємо другий пріоритет. Для цього в рядку *j* матриці коефіцієнтів сумісності замовлень, який відповідає замовленню першого пріоритету, відшукуємо максимальне значення $K_{c.ij}$ і помічаємо номер відповідного стовпчика.

Якщо у стовпчику більше немає помічених значень коефіцієнта сумісності, і знайдене значення є відмінним від нуля, тоді цей номер відповідатиме тому замовленню, яке матиме другий пріоритет, і має виконуватись у спільному потоці із замовленням *j*. В такому порядку ведеться пошук доти, поки не будуть проглянуті усі стовпчики першого пріоритету. В результаті буде складено множину замовлень другого

пріоритету. Якщо після цього якесь із замовлень першого пріоритету не має вибраного часового зв’язку із наступним замовленням, тоді вважається, що це замовлення виконуватиметься АТЗ на маятниковому маршруті. Пошук триває доти, поки усі замовлення не отримають пріоритету виконання. Згідно з табл. 3.3, замовлення першого і другого пріоритету виконуватимуться шістьма АТЗ на таких маршрутах: 0–4–2–13, 0–5–11–13, 0–8–13, 0–9–13, 0–10–3–13, 0–12–13. Використавши дані про витрати і доходи від виконання перевезень, за формулою (3.7) знаходимо запланований прибуток – 54324 грн. Стосовно наведеного прикладу, практичне рішення, яке неодноразово застосовувалось менеджерами АТП, складається з таких маршрутів:

0–1–9–13, 0–2–6–13, 0–8–13, 0–11–4–13, 0–10–13, 0–12–7–13.

Фактично АТП за таким рішенням отримало прибуток у 43000 грн, що є значно меншим порівняно із прибутком за оптимальним рішенням. Якщо до тих самих початкових даних застосувати методику цілочислового програмування,яка відтворена у (3.7)–(3.11), тоді отримаємо розв’язок у вигляді переліку маршрутів, який є близьким до оптимального, а саме: 0–1–2–13, 0–4–13, 0–6–13, 0–11–13, 0–8–13, 0–9–13, 0–10–3–13, 0–12–13. Прибуток при цьому становить 49611 грн.

3.4 Висновки за розділом 3

На основі методики нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, встановлено, що залучення додаткових АТЗ при збільшенні кількості замовлень призводить до зворотного ефекту, а саме збільшення кількості відмов. Це спостерігається до певної межі (орієнтовно 80% замовлень), після якої вхідний потік більшої інтенсивності обслуговується стабільно.

При застосуванні сумісної діяльності автотранспортних підприємств різниця максимального прибутку за оптимальної структури процесу може перевищувати інші варіанти співпраці на 10-12 тис.грн. при 10 відомих

замовленнях, 5 наявних автотранспортних засобах, що становить 71%-73% від сукупного доходу.

Коефіцієнт сумісності замовлень є прямою ознакою доцільності взаємодії автотранспортних підприємств, оскільки максимальні прибутки таких підприємств прямо-пропорційно залежать від його числового значення.

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

4.1 Дослідження взаємодії автотранспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів

У зв'язку з тим, що процеси виникнення і обслуговування замовлень на міжміські перевезення вантажів мають стохастичний характер, найбільш придатними для їх аналізу є засоби імітаційного моделювання [83]. Оскільки жодна з відомих методик відображення транспортних процесів для досягнення поставленої мети не підходить, то нами було розроблено і використано імітаційну модель із застосуванням мультиагентного підходу. Також було враховано можливість удосконаленого відображення транспортної мережі [89]. Перебіг моделі є циклічним. У цій моделі вхідні потоки замовлень на міжміські перевезення характеризуються такими випадковими параметрами: $Y_{z.j}$, $W_{z.j}$ − початковий і кінцевий пункти доставки вантажів в рамках замовлення z, де z − номер замовлення, j – номер циклу моделювання; k_1 − кількість їздок між зазначеними пунктами, які потрібно виконати в рамках даного замовлення; $WF_{z.j}$ − розмір часового вікна, впродовж якого потрібно виконати замовлення; τ_z − період повторення замовлення z. Автотранспортні засоби мають випадкову координату $X_{i.j}$ тільки на початковому циклі, а потім перебувають у тому пункті, де виконано останнє розвантаження. Якщо АТЗ не задіяний на j-му циклі, то його координата залишається незмінною. Циклічно, в кожному транспортному пункті виконується перевірка кількості готових до виконання замовлень і кількості вільних АТЗ. Критеріями координації парку рухомого складу є мінімальна кількість відмовлених замовлень, при умові максимального пробігу автомобілів з вантажем. Кожен АТЗ залучається до перевезення за такими правилами і пріоритетами: перевага надається тим замовленням, які мають найдовший пробіг автомобіля з вантажами, більші обсяги перевезень і

тим, які мають більшу інтенсивність надходження; кожен *j*-й цикл відповідає періоду формування множини заявок на перевезення (один робочий день).

Було проаналізовано ймовірні спільні дії між АТП на предмет обміну матеріальними та інформаційними ресурсами з метою отримання короткотривалої або перспективної вигоди. Кооперація різних автотранспортних підприємств може існувати у таких діях:

1) надання партнеру по кооперації інформації про наявність готових замовлень в разі неможливості їх виконання власними силами (власним партком АТЗ);

2) отримання від партнера по кооперації інформації про додаткові замовлення, які можна виконати власним парком АТЗ;

3) оренда у партнера по кооперації АТЗ для виконання замовлень, які залишились без виконання, але мають допустимі часові вікна для цього;

4) здача в оренду партнерові по кооперації власних АТЗ, які не задіяні впродовж поточного циклу і/або не будуть задіяні в майбутньому.

Зауважимо, що усі перелічені рішення базуються на прогнозах вхідного потоку замовлень, на результатах виконання попередніх циклів імітаційного моделювання та прийнятих пріоритетах вибору. З метою відображення в моделі цих умов було використано припущення про те, що періодичність надходження замовлень τ_z є детермінованою величиною, залежить від обсягів перевезення по кожному замовленню, і визначає наступний пункт завантаження і розвантаження за виразами:

$$Y_{z.j+\tau_z} = Y_{z.j}, \tag{4.1}$$

$$W_{z.j+\tau_z} = W_{z.j}, \tag{4.2}$$

де j – номер циклу імітаційного моделювання.

При цьому має виконуватись умова:

$$\tau_z \geq WF_{z.j}, \tag{4.3}$$

оскільки часові вікна замовлень, які надходять з одного джерела і до одного і того ж замовника транспортної послуги, не можуть перетинатись.

Перелічені дії по кооперації автотранспортних підприємств були відображені в моделі таким чином. Додаткова інформація про збільшення кількості замовлень на майбутні періоди змодельована збільшенням інтенсивності стохастичного вхідного потоку при введенні більшого значення максимальної кількості замовлень $Z_{\max}$. Далі генератор випадкових чисел вирівнює інтенсивність вхідного потоку до стаціонарного значення. Якщо кількість замовлень зростає, то перевізник не може не відреагувати на такі зміни і, найбільш ймовірно, може застосувати дію 3. Залучення додаткових АТЗ на правах оренди відображено в моделі збільшенням їх кількості, але так, що додаткові АТЗ додаються саме в той момент часу і саме в той пункт, де очікується навантаження вантажу. Інакше збільшення парку АТЗ частково втрачає сенс. Таким чином, якщо на деякому *j*-му циклі моделювання виникає додаткове замовлення з координатами $Y_{z.j}$, $W_{z.j}$, тоді воно може бути виконане з високою ймовірністю, оскільки в пункті відвантаження з'явиться орендований автотранспортний засіб, для якого

$$X_{i.j} = Y_{z.j}. \tag{4.4}$$

Ризик невиконання *z*-го додаткового замовлення на перевезення пов'язаний із тим, що в пункт $Y_{z.j}$ може надійти інше замовлення, яке має вищий пріоритет. Залучення додаткових АТЗ на кожному циклі не зменшує ймовірності того, що власні АТЗ перевізника залишаться невикористаними, навіть якщо вони виконають незавантажену їздку до пункту ймовірного навантаження.

Дії (1) та (4) перевізника не відображались імітаційною моделлю, оскільки вони пов'язані, перш за все, з фінансовою вигодою АТП, тобто вартісний показник транспортних процесів у цих дослідженнях не застосовувався.

Для перевірки адекватності імітаційної моделі використано інформацію, відому з практики виконання вантажних автомобільних перевезень, про масові перевезення насипних вантажів в південно-східних областях України автопоїздами-самоскидами на міжміських маршрутах. Ця інформація

стосується середньої тривалості транспортних циклів, чисельності парку АТЗ одного перевізника та його конкурентів в даному регіоні, методів організації транспортних процесів які розглядались, обсягів замовлень (кількості їздок, що виконувались вантажами АТЗ максимальної допустимої вантажопідйомності), допустимих періодів затримки у виконанні замовлень на перевезення. Застосовуючи ці дані, було виконано імітаційне моделювання виробничої програми, яка виконується парком АТЗ автотранспортного підприємства із залученням додаткових орендованих автопоїздів, при збільшенні обсягу замовлень. Для оцінювання якості обслуговування клієнтів застосовано показник співвідношення кількості не виконаних замовлень:

$$\eta_z = \frac{Z_r}{Z_\Sigma}, \tag{4.5}$$

де Z_r − кількість замовлень, у виконанні яких клієнтам було відмовлено через відсутність готових для перевезень АТЗ, або через їх нижчий пріоритет; Z_Σ − загальна кількість замовлень, які надійшли до АТП безпосередньо від клієнтів і від партнерів по кооперації.

При збільшенні кількості замовлень на перевезення їх частка, яка не приймається до виконання, асимтотично наближається до сталого значення, що дорівнює, приблизно, 0,8…0,95 (рис. 4.1).

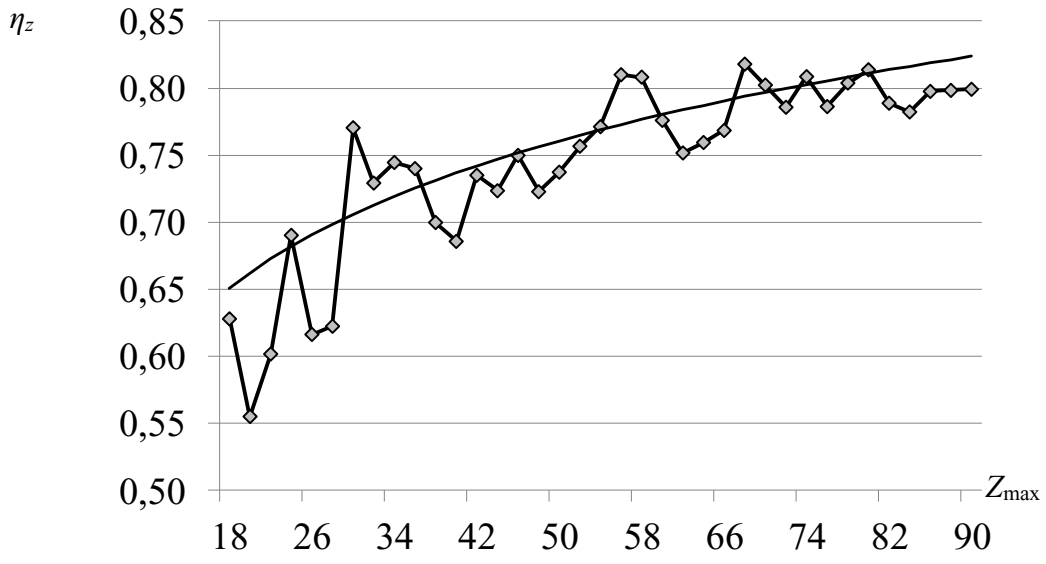


Рисунок 4.1 – Залежність коефіцієнта відмов від кількості замовлень

Описується це явище добре узгодженим з емпіричними значеннями рівнянням логарифмічної регресії (4.6). Коефіцієнт згоди R^2 був обчислений на основі статистичного аналізу вхідних даних (додаток Є) і є досить високим − 0,758. Подальше збільшення кількості замовлень, як і кількості орендованих АТЗ, збільшують коефіцієнт відмов від кількості замовлень, асимптотично наближаючись до максимального сталого значення 0,95. Наведені на рис. 4.1 полігон емпіричних значень і теоретична крива стосуються парку власних АТЗ, що складається з 6 одиниць. Кількість орендованих АТЗ, N_a, коливається залежно від потоку замовлень в межах від 4 до 32 автотранспортних засобів (рис. 4.2).

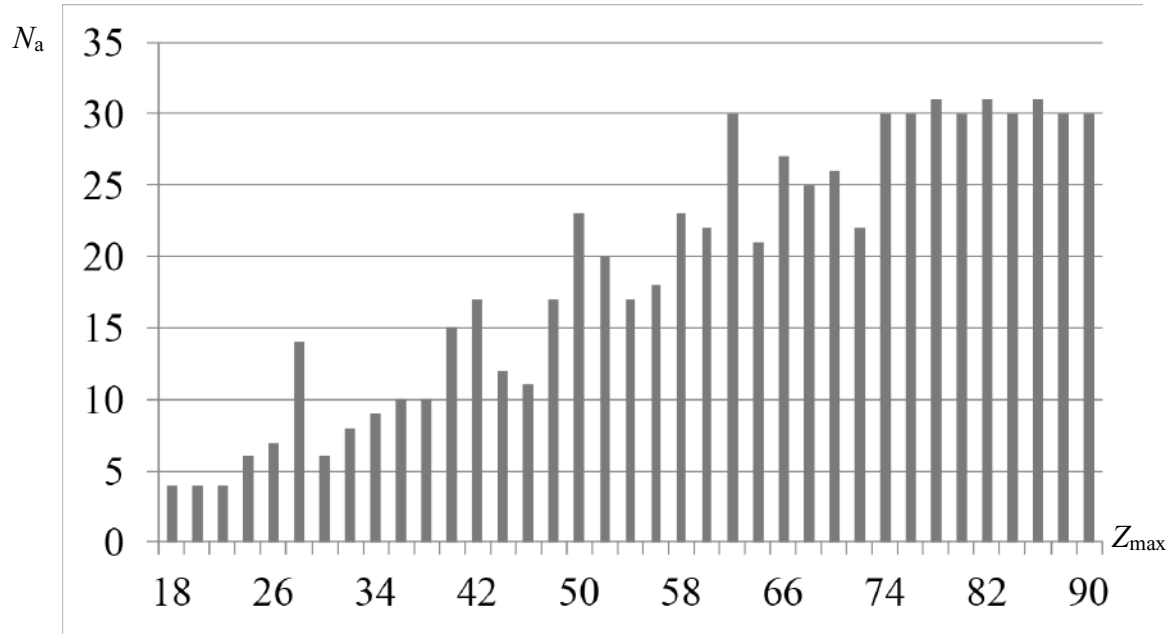


Рисунок 4.2 − Залежність кількості орендованих АТЗ від кількості замовлень при використанні 6 *власних АТЗ*

Такі ж залежності отримано при наявності у власному парку 12 одиниць АТЗ (4.7) та 18 одиниць АТЗ (4.8). Відповідними рівняннями регресії будуть:

$$y = 0{,}3407 + 0{,}2472 \cdot \log_{10} x, \tag{4.6}$$

$$y = 0{,}3399 + 0{,}2476 \cdot \log_{10} x, \tag{4.7}$$

$$y = 0{,}3372 + 0{,}2468 \cdot \log_{10} x, \tag{4.8}$$

де y − коефіцієнт відмов від кількості замовлень на перевезення;

x − загальна кількість замовлень.

Усі рівняння регресії мають високе значення коефіцієнта згоди R^2 з емпіричними даними. Він є не меншим, ніж 0,75, що свідчить про їх узгодженість (додаток Є).

Ефективність експлуатації власних і орендованих АТЗ при зростанні максимальної кількості замовлень і кількості орендованих АТЗ дещо збільшується. Про це свідчить зменшення сумарної тривалості простоїв T_s АТЗ на міжміських маршрутах (рис. 4.3).

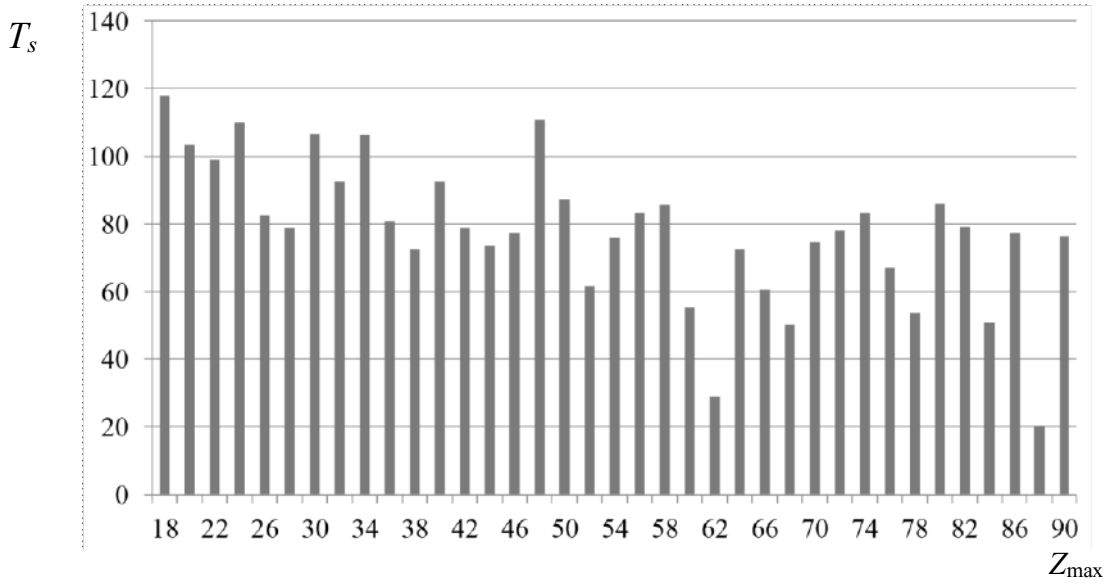


Рисунок 4.3 − Залежність тривалості простою власних і орендованих АТЗ від кількості замовлень

На наведеній гістограмі (рис. 4.3) помітні коливання цього показника, а також можна відмітити, що мінімальні значення простою досягаються при випадкових збігах обставин. Все це означає, що ефективна експлуатація власного і орендованого парку АТЗ потребує ретельнішого опрацювання і використання доступної інформації. Наявність таких періодичних значень $Z_{\max}$, при яких очікується мінімальне значення сумарного простою T_s, а також їх збіг з оптимальними показниками − коефіцієнтом відмов від кількості замовлень η_z і кількістю орендованих АТЗ N_a − означає, що транспортний процес може мати найбільш сприятливі структури, при яких

автотранспортні засоби експлуатуються найбільш ефективно і з максимальним задоволенням попиту вантажовласників.

4.2 Імітаційне моделювання взаємопов'язаних транспортних процесів на магістральній мережі

Було застосовано абстрагування діяльності перевізника від впливу конкурентного середовища. Припускалось, що об'єкт моделі, тобто один перевізник, має виключне право вибору замовлень на перевезення серед тих, які надійшли в заданий період, якщо їх є достатньо. Відмова вантажовласнику у виконанні замовлення надходить лише тоді, коли усі АТЗ вже розподілені на такі транспортні завдання, для яких кількість їздок з вантажем, середня тривалість однієї їздки з вантажем та його обсяг є більшими. У такому випадку експлуатаційні показники парку АТЗ будуть кращими. Враховано також те, що окремі міжміські перевезення вантажів потребують часу, який перевищує тривалість зміни водія/екіпажу одного автопоїзда. Тоді прийняте замовлення зменшує кількість доступних АТЗ на наступний цикл моделювання (плановий період). Таким чином, схема моделі представлена таким чином: один перевізник − декілька замовників. Максимальна кількість замовників є обмеженою. Звідси − кількість циклічних часових рядів вхідних потоків відповідає цій кількості замовників.

Серед перевезень вантажів трапляються багатоциклові, тобто такі, які потрібно здійснити декількома їздками. Їх можна виконати впродовж декількох змін послідовно одним АТЗ, або одночасно декількома вільними АТЗ.

Застосовано модель транспортних циклів з дискретним часом. Найменша неподільна тривалість циклу − один робочий день. Завантаження АТЗ здійснюється без перспективного плану на наступні періоди. Один і той же АТЗ не можна використовувати для виконання двох різних замовлень одночасно, навіть якщо за тривалістю їх можна виконати за одну зміну.

Алгоритм імітаційного моделювання є циклічним. Він складається з 16 кроків, які повторюються впродовж $j = 0, \ldots, M_{\max}$ циклів.

Крок 1. Початок алгоритму.

Крок 2. Із зовнішніх файлів вводяться такі початкові дані:

1) параметри транспортної мережі (ТМ) з вузловими пунктами і відстанями між ними, які відображені у вигляді квадратної матриці часових зв'язків $|A_{yw}|$ розміром $q \times q$, де: $y = 1, \ldots, q$ − позначення транспортного пункту відправника вантажу, $w = 1, \ldots, q$ − позначення транспортного пункту вантажоотримувача. Кожен елемент a_{yw} матриці − це середній час виконання рейсу АТЗ між будь-якими двома пунктами y, w на ТМ. Завантаження і відправлення вантажів відбувається в пункті y, розвантаження − у пункті w. Оскільки мережа представлена сильно зв'язаним графом, то цей час можна обчислити між будь-якими двома її пунктами, використовуючи проміжні пункти. Матриця $|A_{yw}|$ є симетричною відносно головної діагоналі, тобто для будь-яких y, w справедливою є умова: $a_{yw}=a_{wy}$. Величини a_{yw} для транспортних циклів АТЗ є відомими і сталими. Аналогічні характеристики ТМ представлені, зокрема, в статті [85];

2) максимальна кількість замовлень на перевезення вантажів, $P_{\max}$, які можуть виникнути в одному пункті (величина, яка обмежує розмір матриць початкових даних); максимальна кількість замовлень на перевезення вантажів, $Z_{\max}$, які виникають в мережі на одному циклі імітації;

3) загальна чисельність парку АТЗ, $N_{\max}$, однотипних автопоїздів, які на початковому кроці ІМ випадковим чином розташовані на ТМ;

4) максимальна тривалість зміни, $T_{\max}$, згідно з вимогами до режиму праці й відпочинку водіїв.

Крок 3. Цикл моделювання j:=0. Ініціалізація початкових значень змінних, у тому числі показників якості ТП. Параметри, які обчислюються за сумарну кількість циклів, $M_{\max}$, а їх ініціалізація відбувається один раз за виконання алгоритму імітації:

– $Z_{\text{відм}\Sigma}$ − кількість відмов у виконанні замовлень;

– Z_{Σ} − кількість актуальних замовлень, які надійшли;

– $T_{\text{мп}}$ − тривалість пробігу без вантажу;

– ZW_{zj} − «часове вікно» z-го замовлення, тобто кількість циклів, починаючи від нульового, до того його значення, коли замовлення може бути відкладене у виконанні;

– τ_z − періодичність (такт), з якою виникає z-е замовлення, починаючи від нульового кроку ІМ; це випадкова величина, яка вимірюється в кількості циклів, в загальному випадку, визначається допустимим інтервалом значень:

$$1 \le \tau_z \le \tau_{z\max},\ \tau_z \ge ZW_z, \tag{4.9}$$

де $\tau_{z\max} = M_{\max}$.

Модельний час є цілочисельним. Час ІМ вимірюється кількістю циклів, фізичні величини яких залежать від періоду планування виконання замовлень АТП. Як правило, час формування плану перевезень на автопідприємствах становить одну добу.

Параметрами, які ініціалізуються щоциклу, є:

– K_{2zj} − кількість їздок при виконанні z-го замовлення, які фактично прийняті до виконання;

– F_{zj} − цілочисельна змінна: $F_{zj} = 0$ − якщо z-е замовлення не прийняте до виконання жодним АТЗ; $F_{zj} = 1, \ldots, K_{1z}$ − якщо замовлення прийняте до виконання $K_{2zj} < K_{1z}$ разів (циклів).

Крок 4. Замовлення на перевезення вантажів задаються у вигляді координат початкового й кінцевого пунктів. За допомогою генератора випадкових чисел встановлюються такі величини, які характеризують випадкові замовлення, та можливість їх виконання:

– Y_{zj} − вектор початкових координат пунктів, де має розпочатись виконання кожного замовлення, $z = 1, \ldots, Z_{\max}$ (пункти відправлення вантажів);

– W_{zj} − вектор кінцевих координат пунктів, де має завершитись виконання кожного z-го замовлення (пункти призначення вантажів);

– K_{1z} – кількість їздок, які потрібно виконати для виконання z-го замовлення (обсяг вантажу); замовлення, які складаються з декількох їздок, тобто $K_1 > 1$, можна виконувати одночасно, залучивши декілька АТЗ, або ж послідовно, одним, або декількома АТЗ. При цьому загальна тривалість виконання усіх їздок з вантажем не повинна перевищувати часового вікна ZW_{zj} даного замовлення;

– X_{ij} – вектор номерів пунктів розташування i-го АТЗ на ТМ.

Призначення числових значень окремим випадковим величинам є умовним. Так, наприклад, недопустимі числові значення $y_{zj} = w_{zj}$. Також, повинна виконуватись умова:

$$\text{якщо } Y_{zj} = 0, \text{ то } ZW_z = 0, \text{ і } K_{1z} = 0. \qquad (4.10)$$

Крок 5. Для кожного пункту потрібно виконати сортування наявних і доступних там замовлень за двома ознаками:

а) тривалістю виконання (перевага надається більш тривалішим);

б) кількістю їздок з вантажем (перевага надається більшій кількості).

Такі ознаки сортування вибрані з тої причини, що сьогодні перевізники зазнають чималої конкуренції. У своїй діяльності АТП надають перевагу сталим, довготерміновим відносинам із споживачами своїх послуг на перевезення перед одноразовими замовленнями [75]. Хоча, останнім часом, за наявності достатньої інформації в мережі Інтернет, одноразові замовлення також займають чималий сегмент ринку транспортних послуг. Через це виконання замовлень з багатократними їздками, більш триваліших за переміщенням, а також тих, які мають сталі маршрути, є бажаною стратегією більшості великих і середніх автотранспортних підприємств.

Крок 6. Для кожного транспортного пункту q сформувати множини замовлень Z_q та готових для використання АТЗ N_q, які у ньому розміщені, а також співвідношення кількостей замовлень та АТЗ. Виконати облік доступних для виконання замовлень і вільних у цих же пунктах АТЗ. Ця процедура здійснюється таким чином. На нульовому циклі множина готових АТЗ має відповідати умові:

$$Y_{z0} = X_{i0}. \tag{4.11}$$

Для циклів j = 1, …, $M_{\max}$ перевірку готовності i-го АТЗ виконують за умовами:

$$X_{ij+1} = W_{zj}, \tag{4.12}$$

$$X_{i1} \neq 0. \tag{4.13}$$

Визначити співвідношення цих кількостей. Кількість замовлень, які можна прийняти до виконання на j-му циклі ІМ, визначаємо зі співвідношення:

$$Z_{ajy} = \min_{q} \left\{ Z_q, N_q \right\}. \tag{4.14}$$

Якщо в деякому пункті q кількість АТЗ N_q є меншою, ніж кількість замовлень Z_q, тоді виконується призначення на виконання наявними АТЗ доступних замовлень. Також визначається кількість робочих змін K_{dzj}, які потрібно витратити для виконання z-го замовлення:

$$K_{dzj} = \left\lceil K_{1z} \cdot \frac{a_{yw}}{T_{зм}} \right\rceil, \tag{4.15}$$

де $\lceil \ \rceil$ – квадратні дужки означають заокруглення у більшу сторону;

a_{yw} – тривалість доставки вантажу від пункту y до пункту w;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, яка приймалась 9, або, максимально 10 годин.

Крок 7. Порівняти кількість замовлень, які розміщені в q-му пункті, з кількістю АТЗ, які присутні у цьому пункті і готові до використання. На підставі порівняння робиться вибір наступного кроку. Якщо АТЗ є у більшій кількості, тоді треба перейти до процедури розподілу (***крок 12***). Якщо АТЗ є у меншій кількості, тоді треба перейти до процедури порівняння кількості їздок (***крок 8***).

Крок 8. Якщо кількість їздок, яка задана випадковим чином, $K_1 > 1$, тоді треба перейти до порівняння кількості змін на ***кроці 9***, в іншому випадку – перейти до ***кроку 10***.

Крок 9. Перевірити, чи кількість змін виконання замовлення перевищує 1 цикл. Якщо замовлення може бути виконане за одну зміну (те ж – цикл), то

призначення АТЗ здійснюється на ***кроці 11***. Якщо виконання замовлення перевищує один цикл, то розподіл усіх вільних АТЗ треба здійснити на ***кроці 12***.

Крок 10. Призначити для АТЗ пункти навантаження і розвантаження вантажів, тобто:

$$X_{ij} := Y_{zj},\ X_{ij+1} := W_{zj}, \tag{4.16}$$

$$F_{zj} := 1, \tag{4.17}$$

для усіх *i*-х АТЗ, які є вільними на ТМ, і для усіх *z* замовлень, які є невиконаними і неприйнятими до виконання на даний час.

Вибір замовлень здійснюється із сортованих масивів. Умова (4.16) означає, що *i*-й АТЗ призначений на виконання *z*-го замовлення, при цьому на наступний *j*+1-й крок моделювання *i*-й АТЗ отримає початкову координату пункту призначення у вигляді кінцевої координати пункту замовлення, яке він виконав. Логічна змінна F_{zj} набуває значення кількості виконаних їздок, які стосуються замовлення, у даному випадку − $F_{zj} = 1$.

Крок 11. Виконується у випадку, коли замовлень є більше, ніж АТЗ, однак деякі замовлення потрібно виконати за більш, як одну їздку. Призначення АТЗ відрізняється від ***кроку 10*** тим, що їх розподіл здійснюється на K_1 циклів наперед. У цьому випадку кожен розподілений АТЗ виконує усі їздки, передбачені *z*-м замовленням послідовно. Тому АТЗ призначається на усі ці їздки, використовуючи вираз:

$$X_{ij+K_{1z}} := W_{zj+K_{1z}}. \tag{4.18}$$

Вираз (4.18) означає, що АТЗ опиняється в пункті призначення наприкінці кожного транспортного циклу при виконанні усіх K_1 їздок. При цьому АТЗ рухається за маятниковим маршрутом *Y–W*, залишаючись в кінцевому його пункті наприкінці циклу.

Крок 12. Розподіл АТЗ на цьому кроці відрізняється тим, що приймаються усі, без винятку замовлення. Пріоритет розподілу АТЗ відсутній.

Крок 13. Незалежно від того, якою процедурою буде розподілено вільні АТЗ на доступні замовлення, обчислюються показники якості обслуговування потоку замовлень: кількість відмов у виконанні замовлень $N_{\text{відм}\Sigma}$, кількість виконаних замовлень $N_{\text{зам.}}$, тривалість процесу обслуговування $T_{\text{м.п}}$. Після кожного розподілу визначаються такі показники моделювання:

- кількість нових замовлень, які надійшли за цикл;

- кількість вільних АТЗ на початку циклу;

- замовлення, які можна прийняти до виконання; вони визначаються за наявністю вільного АТЗ (якщо замовлення залишилось неприйнятим до виконання на даному кроці моделювання, тоді замовлення може бути виконане на наступному кроці, якщо це допустимо за часовим вікном);

- кількість задіяних АТЗ, яка враховує кількість розподілених на попередніх кроках замовлень на перевезення;

- кількість замовлень, які виконуються на даному кроці, з урахуванням їх тривалості (необхідної кількості змін) та кратності пробігів;

- кількість виконаних їздок на даному кроці моделювання;

- кількість відмовлених замовлень;

- тривалість їздок з вантажем, год;

- тривалість простоїв, год;

- порожній пробіг автомобілів, враховуючи час руху між сусідніми транспортними пунктами, год.

Крок 14. Початковий і кінцевий пункти виконання z-го замовлення Y_{zj}, W_{zj} генеруються випадковим чином тільки на нульовому циклі ІМ. Приймається, що перелік усіх можливих замовлень є відомий апріорно, однак час їх виникнення − це випадкова, періодична величина. Розмір часового вікна ZW_{zj} генерується на кожному j-му кроці моделювання, якщо $Y_{zj} \neq 0$. Періодичність виникнення замовлень генерується залежно від обраної тактики моделювання − як випадкова або як стала величина. Кількість їздок,

з яких складається виконання замовлення K_1, генерується випадковим чином лише на першому кроці моделювання.

Крок 15. Перевірити досяжність максимальної заданої кількості циклів імітаційного моделювання. Якщо умова кроку не виконується, тоді треба розпочати новий цикл (***крок 5***). В іншому випадку − вивести на друк результати моделювання та завершити алгоритм.

Крок 16. Кінець алгоритму.

Блок-схема описаного алгоритму наведена на рис. 4.4.

Для виконання алгоритму написана комп'ютерна програма на мові програмування Delphy 7. Текст програми наведений в додатку К.

Алгоритм можна змінити залежно від стратегії обслуговування замовлень на перевезення вантажів, яка застосовується в конкретному АТП. Тому ІМ й відповідна комп'ютерна програма включає низку правил, які застосовуються при перетворенні початкових величин.

Застосовано 3 стратегії.

Стратегія обслуговування №I. Алгоритм цієї стратегії наведений на рис. 4.4. Особливості цієї стратегії є такі. До виконання приймаються усі доступні замовлення на перевезення вантажів, які генеруються випадковим чином на нульовому кроці і повторюються з випадковою періодичністю на наступних кроках.

Генерування випадкової послідовності замовлень відбувається за такою схемою: при ініціалізації вхідних даних початкові і кінцеві координати усіх замовлень дорівнюють нулю. На нульовому кроці визначаються випадкові величини:

$$Y_{z0} = random(0; Y_{\max}), W_{z0} = random(0; W_{\max}),\ Y_{z0} \neq W_{z0}, \qquad (4.19)$$

де $Y_{\max}$, $W_{\max}$ − граничні порядкові номери транспортних пунктів, відповідно, початку і закінчення маршруту для виконання замовлення за транспортною мережею, що розглядається.

Якщо за виразом (4.19) встановлено, що $Y_{zj} = 0$, або $W_{zj} = 0$, тоді це формально означає, що z-те замовлення відсутнє.

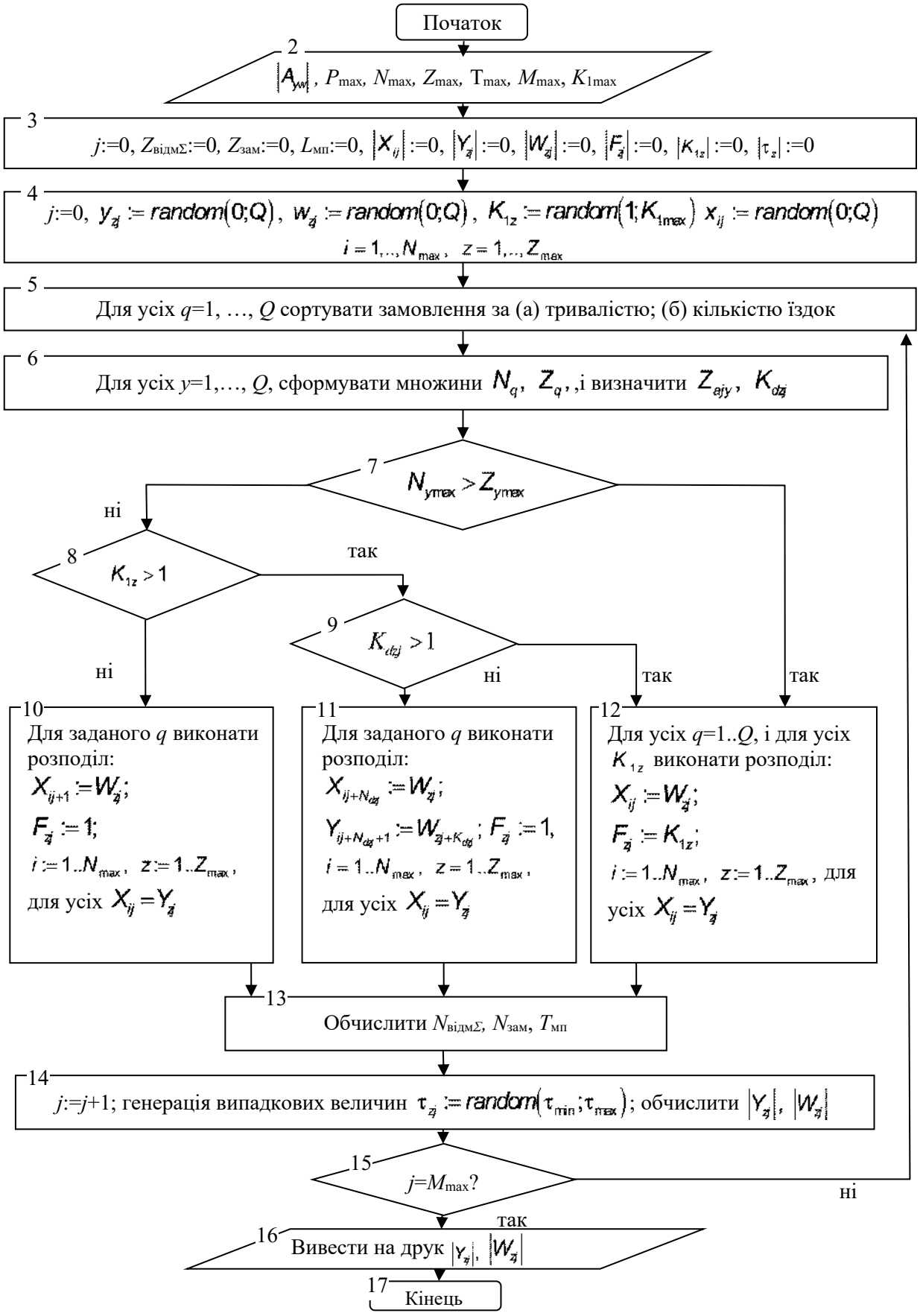


Рисунок. 4.4 − Блок-схема алгоритму імітаційного моделювання при випадковій періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів

Якщо *z*-те замовлення не виконане впродовж наступних кроків моделювання, то замовлення існує стільки часу, скільки йому дозволяє його часове вікно ZW_{zj}, тобто:

$$Y_{zj} = Y_{zj+\delta}, \quad \delta = 1, 2, \ldots, ZW_{zj}. \tag{4.20}$$

Якщо *z*-те замовлення виконане, або закінчилось його часове вікно (допустимий час виконання), то таке ж замовлення знову надійде перевізнику через випадковий період τ_{zj} і матиме також випадкове значення часового вікна. Координати пунктів такого замовлення будуть дорівнювати:

$$Y_{zj} = Y_{zj+\tau_{zj}}, \; W_{zj} = W_{zj+\tau_{zj}}, \tag{4.21}$$

$$\tau_{zj} = random(\tau_{\min}; \tau_{\max}), \tag{4.22}$$

де $\tau_{\min}$, $\tau_{\max}$ − мінімальне і максимальне значення періодичності виникнення замовлень, які обмежені величинами:

$$\tau_{\min} \geq ZW_{z.j}, \; \tau_{\max} \leq M_{\max}, \tag{4.23}$$

де $M_{\max}$ − максимальна кількість циклів моделювання.

Кількість кроків моделювання − стала величина.

Стратегія обслуговування №2 відрізняється від стратегії №I тим, що при відсутності доступного замовлення для вільного АТЗ у Y_j-му пункті, на *j*-му циклі, АТЗ не залишається у цьому пункті на *j*+1-му циклі. АТЗ переміщається у найближчий сусідній транспортний пункт, де є невиконане замовлення *z*, для якого часове вікно становить $ZW_{zj} > 1$. Тобто, у цьому варіанті пробіг без вантажу є допустимим. Незавантажений пробіг може компенсувати ймовірні простої АТЗ через відсутність замовлень.

Стратегія обслуговування №3 передбачає, що замовлення є випадковими за змістом, обсягом (кількістю їздок) і часовими вікнами. Але замовлення виникають у приблизно передбачувані моменти часу (з точністю до одного циклу) через прогнозовану періодичність, тобто τ_{zj} = const. Періодичність різних замовлень відрізняється. Однак, можливі варіанти, коли в потоці замовлень є декілька груп таких замовлень, які мають однакову періодичність. Замовлення, які виникають у різних пунктах − незалежні, не

пов’язані взаємними часовими обмеженнями. Подібно, як і у стратегії №2, допускається пробіг без вантажу.

Алгоритм ІМ при кожній із трьох стратегій складається з кроків 1–15 до досягнення заданої кількості циклів (рис. 4.4). Кожен варіант стратегії відрізняється від стратегії І тим, що генерація нових замовлень здійснюється за допомогою величини τ_z, яка, залежно від обраної стратегії моделювання, може бути випадковою або сталою. Також відмінність алгоритмів полягає й у тому, що на початку кожного кроку моделювання розташування АТЗ вже не є випадковим, а залежить від попередньо здійсненого розподілу. Інші всі процедури і функції залишаються сталими.

4.3 Моделювання процесу обслуговування вхідних потоків замовлень

Імітаційна модель застосована для аналізу вхідних потоків замовлень на перевезення насипних вантажів автотранспортним підприємством «Транс-Сервіс-1» на території України. До таких вантажів, які перевозяться підприємством, відносять зернові культури та відходи їх переробки (макуха, шрот), будівельні матеріали, сировина для металургійної промисловості, промислове і побутове сміття. Для виконання таких перевезень підприємство використовує вантажні автопоїзди у складі автомобіля-тягача MAN із платформою для самовивантаження+причіп-самоскид. Об’єм вантажу у такому автопоїзді – 92 м^3. Період активного використання АТЗ – травень-вересень. У подальших розрахунках використані дані спостережень стосовно перевезення насипних вантажів у південно-східних і центральних областях України під час періоду жнив. Перевезення здійснюються від елеваторів до порту, між різними елеваторами та переробними підприємствами. АТП має в цих регіонах три опорні пункти розташування АТЗ: м. Гайсин, м. Дніпро та м. Одеса. Дані було зібрано за червень-липень 2019 року. На схемі маршрутів (рис. 4.5) наведені основні вантажоутворюючі і вантажопоглинаючі пункти та середній час руху між ними.

Рисунок 4.5 − Схема розташування пунктів перевезення насипних вантажів автотранспортними засобами підприємства: виділені жовтим кольором числа − середній час руху між заданими пунктами (год)

Опорні пункти підприємства на схемі відмічені чорними кружечками (на схемі їх 3), усі транспортні пункти пронумеровані (на схемі їх − 17).

Середній час руху визначений для середньої літньої інтенсивності транспортних потоків в період від 10-ї до 17-ї години на чинних автомагістралях цього регіону України станом на червень-липень 2019 року за допомогою маршрутизатора Google Map. На основі даних щодо відстаней між кожними двома транспортними пунктами, а також при використанні Google Map, побудовано матрицю тривалості руху $A_{y.w}$.

Чисельність парку АТЗ, які виконують перевезення насипних вантажів на даній території, становить 28 одиниць. Усі АТЗ справні, з пробігом від початку експлуатації − не більше 50 тис. км. Тривалість навантаження і розвантаження АТЗ за один цикл становить 2,0 год. з урахуванням часу виконання маневрів. Тривалість робочої зміни – 10 год.

Розглядався 2-х місячний період виконання перевезень, тобто 60 циклів імітації.

Заявки на перевезення надходять в головний офіс підприємства і формують вхідний потік впродовж одного робочого дня. Після цього проводиться розподіл заявок між вільними АТЗ. Середньодобова кількість заявок − 24. Середньоквадратичне відхилення − 6. Максимальна кількість замовлень за добу − 30. На підприємстві заявки обробляються як відділом логістики, так і комерційно-фінансовим відділом. В результаті, деякі замовлення відсіюють, як невигідні для АТП, або ж такі, які неможливо виконати.

Представлені результати моделювання виконання заявок із припущенням, що усі замовлення є фінансово вигідні для підприємства. В результаті виконання моделювання, наприклад, за стратегією обслуговування II отримано такий вхідний потік замовлень, що наведений в табл. 4.1. Також, для кожного замовлення встановлено випадкове число − кількість їздок, яка коливається в межах від 1 до 3 (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вхідний потік замовлень і кількість їздок на маршруті

№ замов-лення	Початко-вий пункт	Кінце-вий пункт	Кількість їздок	№ замов-лення	Початко-вий пункт	Кінце-вий пункт	Кількість їздок
1	5	3	3	16	5	14	2
2	3	16	1	17	4	14	1
3	3	16	3	18	13	9	1
4	15	1	3	19	Відсутнє		–
5	4	13	3	20	15	10	1
6	10	3	3	21	10	9	3
7	7	13	1	22	14	15	1
8	14	8	1	23	7	14	2
9	1	12	3	24	9	14	2
10	7	10	2	25	8	11	1
11	1	2	3	26	7	9	3
12	6	13	3	27	12	11	3
13	11	13	2	28	12	13	1
14	4	8	2	29	13	6	3
15	12	6	2	30	13	4	1

В результаті початкового розподілу замовлень на нульовому кроці отримуємо таке їх представлення.

Розподіл замовлень на виконання перевезень по пунктах:

пункт 1) 11, 9;
пункт 2) −;
пункт 3) 2, 3;
пункт 4) 14, 5, 17;
пункт 5) 16, 1;
пункт 6) 12;
пункт 7) 23, 7, 10, 26;
пункт 8) 25;
пункт 9) 24;
пункт 10) 21, 6;
пункт 11) 13;
пункт 12) 28, 15, 27;
пункт 13) 29, 18, 30;
пункт 14) 8, 22;
пункт 15) 4, 20;
пункт 16) −;
пункт 17) −.

Як бачимо, у деяких пунктах замовлень немає: пункти 2, 16, 17. В інших пунктах є до 4 замовлень, які посортовані програмно в порядку спадання пріоритету виконання. Наприклад, в пункті 7 (м. Кропивницький) є 4 замовлення: № 23, №7, №10, №26. Першочергово розподіляються найбільш тривалі замовлення і ті, які мають найбільшу кількість їздок. Також видно, що деякі замовлення з максимально 30 можливих відсутні, оскільки процедура рандомізації обнулила їх початкові пункти.

Було задано, що кількість замовлень, які надходять перевізнику: $Z_{min} \le Z \le Z_{max}$, де Z_{min}=18, Z_{max}=30 – це, відповідно, нижня і верхня межі кількості замовлень. Рандомізація допускає меншу кількість замовлень у зв’язку з рівномірним розподілом їх надходження. У наведеному прикладі, зокрема, відсутнє замовлення № 19. Готовність автомобілів виконувати замовлення відображено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Готовність автомобілів виконувати по пунктам замовлення

№ пункта	Кількість АТЗ	Кількість замовлень	Кількість АТЗ <співвідноситься з кількістю замовлень>	Замовлення, які можна прийняти до виконання
1	2	2	=	2
2	2	0	>	0
3	1	2	<	1
4	3	3	=	3
5	3	2	>	2
6	1	1	=	1
7	0	4	<	0
8	2	1	>	1
9	1	1	=	1
10	2	2	=	2
11	0	1	<	0
12	3	3	=	3
13	0	3	<	0
14	3	2	>	2
15	4	2	>	2
16	1	0	>	0
17	0	0	=	0
Всього	28	29		20

В результаті маємо такі початкові дані нульового циклу ІМ:

- максимально можлива кількість замовлень − 30;
- кількість нових замовлень − 29;
- кількість вільних АТЗ на початку циклу − 28;
- кількість замовлень, які можна одразу ж прийняти до виконання − 20.

З урахуванням тривалості виконання кожного замовлення і кількості їздок, які потрібно здійснити для цього, розподіл АТЗ за допомогою ІМ вийшов там, що не відповідає цілком початковим даним, а саме:

кількість задіяних АТЗ − 13;

кількість замовлень, які виконуються, − 14;

кількість виконаних їздок − 14;

кількість відмовлених замовлень − 15;

тривалість їздок з вантажем − 100,7 год;

тривалість простоїв − 179,3 год;

тривалість пробігу АТЗ без вантажу − 65,1 год.

Великої уваги заслуговує показник відмов у виконанні замовлень. Його числове значення становить 15 для наведеного прикладу і означає, що з 29 актуальних замовлень виконуються тільки 14. При цьому прийняти до виконання можна було б 20 замовлень у зв'язку з наявністю АТЗ у відповідних пунктах. Однак, виходячи із описаної вище стратегії перевізника, обраними є лише 14 замовлень тому, що такі замовлення складаються з декількох їздок. Оскільки АТЗ у деяких пунктах було більше, ніж замовлень, то, замість порожнього пробігу в сусідній пункт, була обрана можливість виконати усі їздки по цих замовленнях. Таке рішення впливає на провадження бізнесу перевізником. Адже на практиці наявність відмов призводить до втрати перевізником потенційного клієнта через втрату довіри, чого не відображено в даній імітаційній моделі.

Побудований алгоритм і програма ІМ відрізняється від відомих і тим, що дають чіткий розклад виконання замовлень. Для наведеного прикладу на нульовому кроці отримаємо такий перелік маршрутів.

Замовлення № 11; змін − 4; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 14** має бути таким: 2-1-2-1.

Замовлення № 11; змін − 1; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 16** має бути таким: 2-1.

Замовлення № 3; змін − 7; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 8** має бути таким: 16-3-16-3.

Замовлення № 14; змін − 3; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 9** має бути таким: 8-4-8.

Замовлення № 14; змін – 3; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 19** має бути таким: 8-4-8.

Замовлення № 14; змін – 3; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 20** має бути таким: 8-4-8.

Замовлення № 12; змін – 4; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 10** має бути таким: 13-6-13-6.

Замовлення № 24; змін – 2; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 12** має бути таким: 14-9-14.

Замовлення № 21; змін – 1; їздок виконано –1.
Маршрут **АТЗ 1** має бути таким: 10-9.

Замовлення № 21; змін – 1; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 3** має бути таким: 9-10.

Замовлення № 28; змін – 1; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 7** має бути таким: 12-13.

Замовлення № 28; змін – 1; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 11** має бути таким: 13-12.

Замовлення № 28; змін – 1; їздок виконано – 1.
Маршрут **АТЗ 28** має бути таким: 13-12.

Замовлення № 16; змін – 10; їздок можливих –2.
Маршрут **АТЗ 4** має бути таким: 5-14.

Замовлення № 1; змін − 2; їздок можливих – 3.
Маршрут **АТЗ 5** має бути таким: 5-3.

Замовлення № 25; змін – 1; їздок можливих – 1.
Маршрут **АТЗ 2** має бути таким: 8-11.

Замовлення № 8; змін – 1; їздок можливих – 1.
Маршрут **АТЗ 4** має бути таким: 14-8.

Замовлення № 22; змін – 2; їздок можливих – 3.
Маршрут **АТЗ 22** має бути таким: 14-15.

Замовлення № 4; змін – 6; їздок можливих – 3.
Маршрут **АТЗ 6** має бути таким: 15-1.

Замовлення № 20; змін – 5; їздок можливих – 3.
Маршрут **АТЗ 13** має бути таким: 15-10.

З отриманого фрагменту розкладу видно, що АТЗ № 1, №3, №2, №4 призначені на виконання замовлень з однією їздкою. Автомобілі № 14, №16 − на паралельне виконання 2-х їздок замовлення № 11 АТЗ №14 і однієї їздки − АТЗ №16. Аналогічно, АТЗ № 9, №19 − замовлення № 14; інші АТЗ − на

послідовне виконання замовлень, які виконуються за більш, як одну їздку. Деякі замовлення, які виконуються за більш, як одну їздку, забезпечені одним АТЗ, який послідовно їх виконує. Це, наприклад, − замовлення № 12, яке має бути виконане АТЗ № 10 за маршрутом: пункти 13-6-13-6. Оскільки тривалість однієї їздки з вантажем у пункти 13-6 і зворотної у пункти 6-13 займає 2 зміни, то загальна зайнятість АТЗ № 10 при виконання цього замовлення становитиме 4 зміни. У зв'язку із цим, вагомими показниками процесу є тривалість руху з вантажем (оплачувана послуга) і тривалість простоїв АТЗ (неоплачуваний час). Вказані показники виводились як числова оцінка імітаційного моделювання.

4.4 Оцінювання роботи парку автотранспортних засобів залежно від вхідних потоків

В ІМ було використано початкові дані, які були надані АТП «Транс-Сервіс-1» (додаток ЄЛ).

Здійснено моделювання обслуговування рівномірно розподіленого потоку вхідних замовлень на перевезення насипних вантажів за кожною із трьох стратегій. Було розглянуто три стратегії обслуговування: виконання замовлення на перевезення вантажів без порожнього пробігу АТЗ з очікуванням замовлень у пункті останнього розвантаження; виконання замовлення на перевезення вантажів з порожнім пробігом АТЗ до найближчого пункту завантаження; виконання замовлення на перевезення вантажів з фіксованими періодами повторності наперед відомих замовлень.

Головний параметр ІМ, а саме – кількість відмов, разом із його похідними характеристиками, наведений на рис.4.6 та рис. 4.7.

На кожній із наведених на них діаграм відображено по чотири часові ряди. Перший ряд – кількість замовлень, які надійшли у вигляді заявок на підприємство. Це – найбільше числове значення серед усіх часових рядів, яке залежить тільки від генератора випадкових чисел.

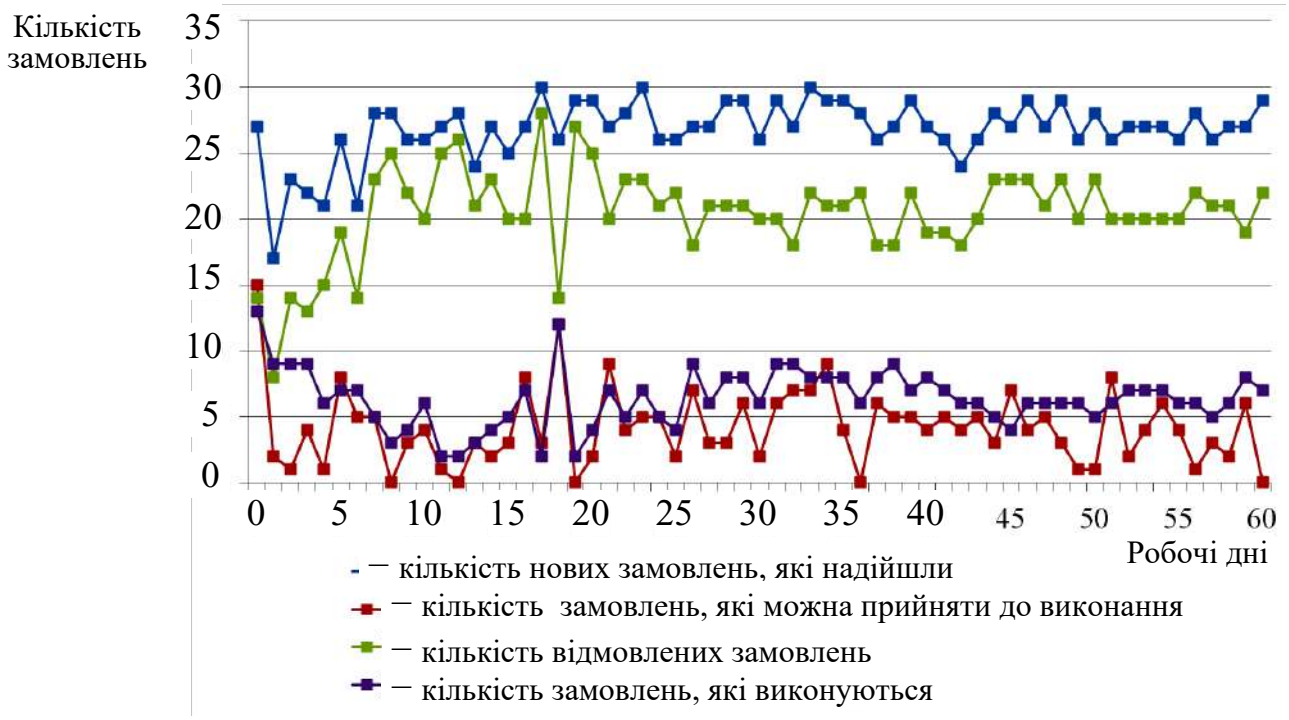


Рисунок 4.6 – Покрокова зміна вхідного потоку замовлень і його обслуговування при відсутності пробігу АТЗ без вантажу, з очікуванням замовлення в пункті останнього розвантаження (стратегія №1)

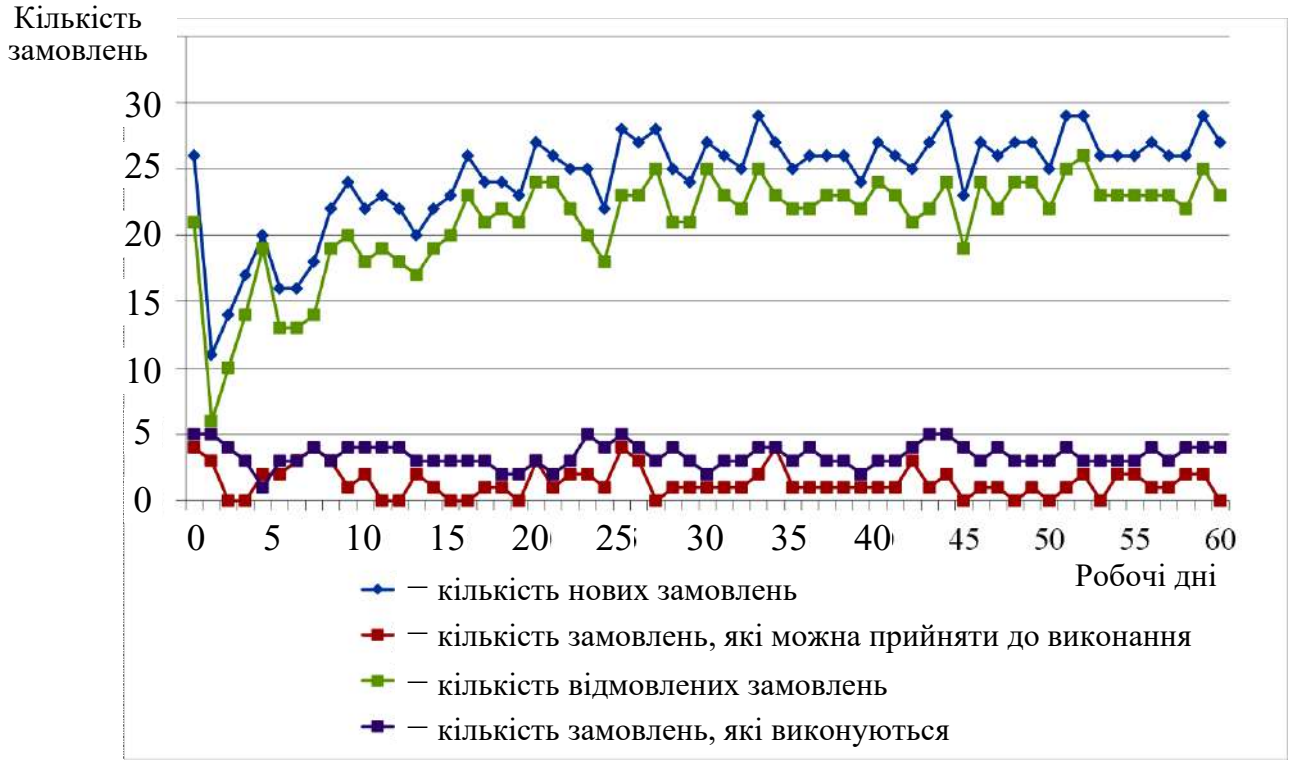


Рисунок 4.7 – Покрокова зміна вхідного потоку і його обслуговування з пробігом АТЗ без вантажу, без очікування чергового замовлення в пункті останнього розвантаження (стратегія №2)

Другий ряд – кількість замовлень, які можна прийняти до виконання. Ця кількість є максимальною на початку моделювання. Але, коли АТЗ вже розподілені на маршрути, то їх кінцеві пункти, як правило, не співпадають з початковими пунктами нових замовлень. Тому ця величина Z_a на наступних циклах коливається. Кількість замовлень, які можна прийняти до виконання, визначається кількістю співпадінь координат вільних і нерозподілених АТЗ із пунктами, де є вантаж для відправлення.

Третій ряд – кількість відмов − це різниця між кількістю замовлень, які надійшли, і тими замовленнями, що виконуються на поточному кроці. Не враховуються ті замовлення, які ще виконуються Z_a. Адже АТП не може вплинути прямими методами на загальний обсяг замовлень. Тому потрібно розглядати методи організації процесу перевезень таким чином, щоб маршрути були раціональними і враховували доступний прогноз вхідного потоку. Кількість відмов на наступних кроках моделювання, починаючи з $j = 1$ кроку, залежить ще й від обсягу робіт по виконанню замовлень на кроці $j - 1$. Кількість замовлень, які виконуються, залежить від того, як був здійснений розподіл АТЗ в минулому, та від кількості доступних замовлень в теперішній момент.

Якщо порожній пробіг АТЗ «заборонений» (стратегія №1), то розбіжність між кількістю замовлень, які надійшли, і кількістю тих, які виконуються, є дуже великою (рис. 4.6). Адже АТЗ обмежені у використанні, навіть якщо інформація про невиконані і доступні замовлення в інших пунктах є в наявності. Однак, потрібно зауважити, що до кінця останнього циклу кількість відмов і кількість замовлень, які виконуються для даної стратегії обслуговування, стабілізуються, а їх часові ряди набувають стохастично-періодичного характеру.

Загальна кількість відмов при стратегії №2 дещо зменшується. Тут не можна говорити про покращення використання парку АТЗ. Адже, навіть якщо АТЗ виконає переїзд до сусіднього найближчого пункту, де розміщений вантаж для перевезення з попереднього невиконаного замовлення, то це ще не означає, що цей АТЗ буде використаний. Такий самий пробіг можуть

здійснити й інші АТЗ. Однак, при стратегії №2, кількість замовлень, які виконуються, уявляють собою майже стаціонарний процес, який зазнає малих коливань. Головною причиною цього явища є те, що кількість замовлень, які надійшли на попередніх циклах і виконуються, є переважно більшою, ніж кількість нових замовлень, які прийняті на поточному циклі. Отже, можна зробити висновок, що стратегія №2 націлена на виконання великих (багато їздок з вантажем) і довгострокових (багато змін зайнятості АТЗ) замовлень. Стратегія №2 приносить стабільність, але не знижує простої АТЗ одного парку рухомого складу АТП.

Кількість відмов зменшується, якщо використовувати доступні прогнозні дані стосовно періодичності надходження замовлень та їх різновидів. Наприклад, якщо періодичність надходження замовлень відома, і не перевищує 12 діб, тоді вхідний потік можна охарактеризувати приблизно сталою інтенсивністю. Однак, це суттєво не зменшує кількість відмовлених замовлень, хоча процес їх виконання стабілізується. Це відображають часові ряди стратегії №3 (рис. 4.8).

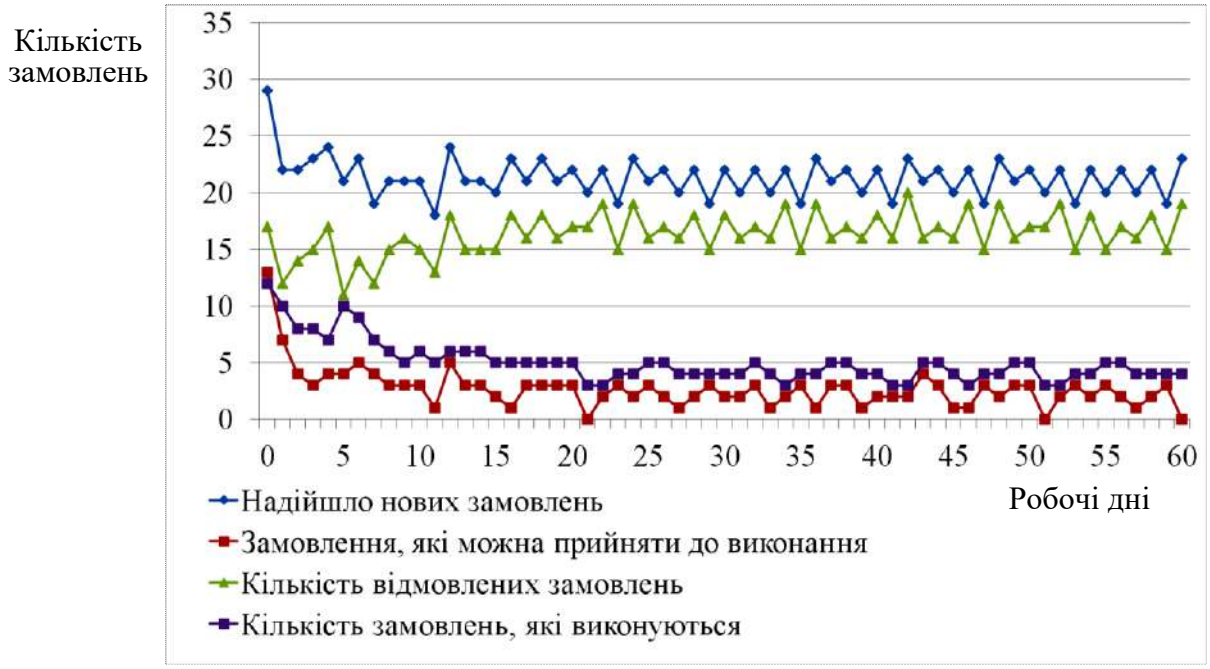


Рисунок 4.8 – Покрокова зміна вхідного потоку і його обслуговування з пробігом АТЗ без вантажу і без очікування чергового замовлення в пункті останнього розвантаження при фіксованій періодичності надходження замовлень (стратегія №3)

Якщо порівняти сумарні і середні за цикл параметри ІМ, які налаштовані на кожну із розглянутих трьох стратегій, то можна виділити такі їх особливості (табл. 4.3). У таблиці наведені результати імітаційного моделювання при фіксованому значенні максимальної (30 діб) і мінімальній (12 діб) періодичності виникнення замовлень.

Таблиця 4.3 – Показники транспортного процесу при трьох стратегіях обслуговування вхідного потоку замовлень на перевезення вантажів (зведені за 60 кроків імітаційного моделювання)

Показник	Стратегія № 1	Стратегія № 2	Стратегія № 3
Середня тривалість їздок з вантажем за цикл, год	31,4	**56,1**	35,7
Сумарна тривалість їздок з вантажем за цикл, год	1882,7	**3368,8**	2139,0
Середня тривалість простою за цикл, год	253,3	**228,5**	249,0
Сумарна тривалість простою за цикл, год	15197,3	**13711,2**	14940,8
Загальна кількість відмов	1512	1250	**1132**
Загальна кількість замовлень	1712	**1735**	1461
Середня тривалість пробігу АТЗ без вантажу за цикл, год	0,0	41,8	1,02

Характерними особливостями запропонованих стратегій є:

- для стратегії №1 − відсутність порожнього пробігу АТЗ, але найбільші кількість відмов і тривалість простою;

- для стратегії №2 − велика кількість їздок з вантажем, однак для цього АТЗ мають здійснювати великі порожні пробіги, тривалість простою АТЗ − найменша;

- для стратегії №3 − найменша кількість відмов, але й невелика тривалість пробігу АТЗ з вантажем.

Для підтвердження виявлених особливостей вхідних потоків та їх обслуговування було проведено імітаційне моделювання зі змінною періодичністю надходження замовлень (рис. 4.9 та рис. 4.10). Отримано залежності кількості відмов виконання замовлень на перевезення вантажів від випадкової періодичності їх надходження, яка задана інтервалом.

Рисунок 4.9 – Зміна кількості відмов при зміні періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів для стратегії №1

Рисунок 4.10 – Зміна кількості відмов при зміні періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів для стратегії №2

Наприклад, інтервал періодичності – 4 доби означає, що усі замовлення на перевезення вантажів є одноразовими при мінімальній періодичності 4. Якщо мінімальна періодичність надходження замовлень становить 4 доби, а інтервал періодичності – 28 діб, то це означає, що замовлення виникає

впродовж періоду, який становить інтервал [4…32] доби. Розподіл виникнення замовлення в кожному з інтервалів − рівномірний.

Для стратегії №3 періодичність виникнення замовлень − детермінована величина, тому для декількох замовлень періодичність може бути однаковою. Тому на рис. 4.11 наведена залежність кількості відмов у виконанні замовлень від інтервалу періодичності при умові, що кількість однакових інтервалів періодичностей, які не перетинаються, дорівнює 3. Таку кратність вибрано з міркувань чистоти експерименту: середня кількість замовлень, які надійшли за добу, має дорівнювати 24. При кількості однакових періодичностей 3 і загальному інтервалі – 8 діб всі замовлення можна поділити на три. Перша група замовлень виникає з періодичністю 4 доби, друга − 6 діб, а третя – 8 діб. В іншому випадку, коли максимальна періодичність становить 28 діб, а кількість груп однакових за періодичністю замовлень становить 5, тоді усіх їх можна поділити так: 12 діб, 16 діб, 20 діб, 24 доби, 28 діб. Загалом це впливає на кількість нових замовлень, які надходять перевізнику. У зв'язку з тим, що періодичність задається різницею величин $\tau_{max} - \tau_{min}$, то мінімальна періодичність є визначальною для потоку замовлень. Тому на рис. 4.9 та рис. 4.10 відповідні гістограми починаються зі значень прийнятої величини τ_{min}.

Періодичність надходження замовлень для стратегії № 3 приймалась із статистичних даних про такі спостереження в минулому році на тому ж підприємстві АТП «Транс-Сервіс-1». Зокрема, тут було виявлено, що періодичність надходження замовлення є величиною, прямо-пропорційною тривалості його виконання. Тому кожному замовленню було поставлено у відповідність інтервал періодичності, що відповідає його тривалості.

Також відомо, що деякі замовлення виникають з однаковою періодичністю. Тому моделювання стратегії №3 було проведене зі змінним інтервалом періодичності замовлень (рис. 4.11). З наведених гістограм видно, що інтервал періодичності при рівномірному розподілі вхідного потоку замовлень не є суттєвим фактором, який впливає на кількість відмов для

стратегій №1 і №2. Для стратегії №3 головним є також не інтервал періодичності а те, яка є відповідність між тривалістю транспортного циклу і його періодичністю виконання.

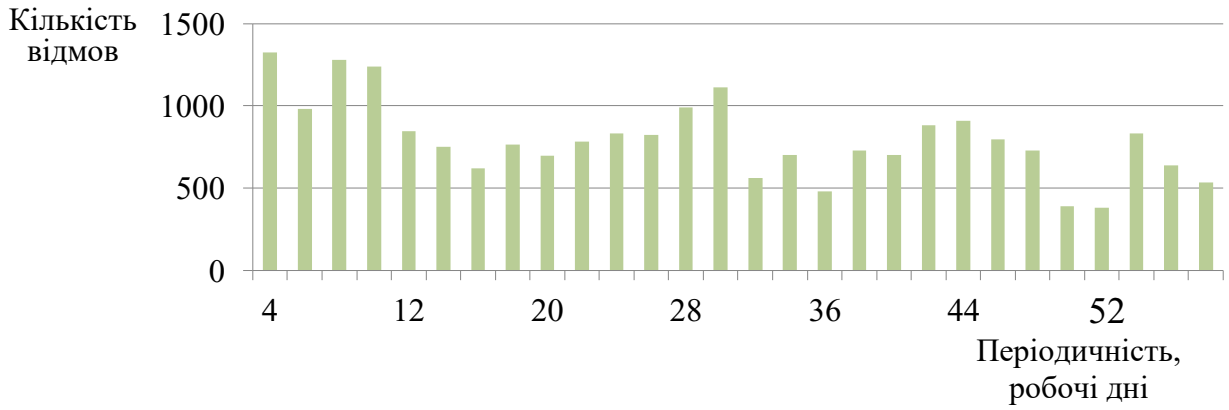


Рисунок 4.11 − Зміна кількості відмов при зміні періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів для стратегії №3

Отримані результати імітаційного моделювання демонструють досить велику частку відмов у виконанні замовлень на перевезення вантажів. Співвідношення сумарної кількості відмов до загальної кількості замовлень, які АТП потенційно могло б виконати, є не меншим, ніж 0,72 для усіх циклів, незалежно від стратегії обслуговування.

На початку моделювання кількість відмов є невеликою. Але у процесі виконання перевезень АТП недостатньо взаємодіють з точки зору перерозподілу транспортних завдань. У зв'язку із цим завантаження транспортних засобів стає нерівномірним. В пунктах відвантаження нагромаджуються вантажі, які не відповідають високому пріоритету виконання замовлень. Тому відмови вантажовідправникам збільшуються. Однак з наведених на рис. 4.9−4.11 результатів ІМ видно, що в ході подальшого перебігу транспортних циклів кількість відмовлених замовлень коливається відносно деякого стаціонарного значення. Таке явище є особливо помітним тоді, коли перевізникові стають відомими прогноз і закономірності потоку замовлень (стратегія №3 − рис. 4.11). Це означає, що потоки АТЗ даного АТП на мережі періодично гармонізуються з вхідними

потоками. Однак транспортні цикли парку АТЗ при цьому ще недостатньо скоординовані. Адже це не закладено у можливості розробленої методики моделювання.

З іншого боку, порівнюючи отримані результати з тими, які можна отримати за допомогою моделей системи масового обслуговування (СМО), можна вказати очевидні переваги запропонованої ІМ.

Головно перевагою є отримана можливість встановити закономірності виникнення, приймання і виконання замовлень на перевезення вантажів. Переважна більшість відомих методів ІМ позбавлена такої можливості. Відомі методи ІМ базуються на певному виді моделей СМО. Процес виконання обслуговування замовлення чи настання відмов у обслуговуванні розглядається в таких ІМ без урахування особливостей розташування об’єкта обслуговування в просторі і часі. Застосований в запропонованій методиці агентно-орієнтований підхід є своєрідним балансом між суб’єктивними і об’єктивними чинниками в процесі прийняття рішень.

Друга перевага представленої ІМ полягає у тому, що вона надає спрощену можливість відображати різні стратегії обслуговування замовлень на перевезення вантажів. Перевірка ІМ на адекватність здійснювалась на трьох стратегіях, які є на практиці. Такі стратегії є логічними за умовами їх застосування. Однак можливі й інші варіанти управління вантажопотоками, які можна відобразити як нескладну зміну запропонованого алгоритму. Комп’ютерна програма й алгоритм мають блочну структуру, яка дає змогу легко здійснити такі зміни. Це відкриває можливість застосувати методику для дослідження системи управлінських рішень АТП, у тому числі − для дослідження умов взаємодії різних автотранспортних підприємств у кооперації.

Однак подальші дослідження можуть зіткнутись із труднощами, які пов’язані з розмірністю вхідних потоків і трудомісткістю підготовлення початкових даних. Труднощі стосуються, насамперед, побудови матриці тривалостей обслуговування. Часова матриця може бути в декілька разів

більшою, а часові елементи цієї матриці є динамічними. Для усунення таких труднощів ІМ потрібно дооснастити вбудованими алгоритмами маршрутизації й забезпечити динамічними базами даних. В цьому випадку ІМ буде більш точно відображати процеси обслуговування вантажопотоків і стане високоефективним практичним засобом управління процесами перевезень.

4.5 Перевірка адекватності результатів досліджень

Метою проведення теоретичного дослідження було встановлення залежності між керованими факторами і функцією відгуку, а саме:

$$П = f(K_c, R), \tag{4.24}$$

де K_c – коефіцієнт сумісності замовлень;

R – кількість залучених автотранспортних засобів.

Проводився пасивний експеримент – спостереження за отриманими результатами від діяльності АТП при застосуванні рекомендацій стосовно розподілу замовлень на виконання перевезень між АТЗ і маршрутизації перевезень. Кількість рівнів факторів становила: для коефіцієнту сумісності замовлень, K_c – 19, для кількості залучених АТЗ, R – 3. Був проведений повнофакторний експеримент. Кількість спостережень становила 19 × 3 = 57.

На першому етапі фактори K_c і R, було перевірено на мультиколінеарність, тобто на відсутність лінійних зв’язків між незалежними змінними [119]. Математично ознака відсутності мультиколінеарності виражається через коефіцієнт парної кореляції, який має прямувати до нуля, тобто:

$$r_{x_1,x_2} \to 0. \tag{4.25}$$

Для перевірки факторів на мультиколінеарність вхідні дані, отримані внаслідок спостережень на підприємстві ЛВ «Транс», було введено в таблицю вхідних даних (WorkSheet1) (додаток Є20) в програмі *Statistica 10*. Дослідження мультиколінеарності у цій програмі проводиться методом Феррара-Глобера [120]. Для цього було обчислено парну кореляцію. З неї

визначено, що коефіцієнт парної кореляції $r_{R.Kc}$ = 0,0349 (додаток Є15) при наборі даних N = 57. Істотним вважається кореляційний зв'язок факторів при $r_{R.Kc}$ > 0,05. Оскільки ця умова не виконується, то фактори R і K_c не є мультиколінеарними.

Отримані результати статистичних експериментів було опрацьовано за відомою методикою [120]. Оскільки усі проведені спостереження мають однакову повторюваність, то для оцінювання їх відтворюваності застосовано критерій Кохрена (G-критерій):

$$G_p \leq G_T, \tag{4.26}$$

де G_T – табличне значення критерію Кохрена, яке визначається для ступенів свободи $f_1 = N - 1$, $f_2 = N$ і 5%-го рівня значимості;

N – кількість дослідів;

G_P – розрахункове значення критерію Кохрена:

$$G_p = \frac{S^2_{n\max}}{\sum_{n=1}^{N} S^2_{n_i}}, \tag{4.27}$$

де $S^2_{n\max}$ – максимальне значення порядкової дисперсії в дослідах n-ї групи.

Порядкова дисперсія визначається з виразу:

$$S^2_{n_i} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2}{N-1}, \tag{4.28}$$

де y_i – поточне значення функції відгуку;

$\bar{y}$ – середнє значення функції відгуку;

m – кількість дослідів, що повторюються (відповідає кількості рівнів фактора K_c, тобто 19).

Таким чином, ступені вільності для критерію Кохрена становлять f_1 = 18, f_2 = 57. Розрахункове значення критерію Кохрена становить G_p = 0,1125. Оскільки табличне значення критерію G_T = 0,1738, то досліди є такими, що відтворюються.

Після цього було проведено регресійний аналіз і побудовано рівняння регресії виду для визначення прибутку:

$$П = 7287{,}45 + 28{,}93 \times R + 45685{,}53 \times K_c - 3{,}228 \times R^2 - 16{,}96 \times K_c. \tag{4.29}$$

Проведено оцінку значимості коефіцієнтів регресії. Для цього з допомогою програми *Statistica* визначено середню дисперсію S^2 = 5837,59 (додаток Є15). Для порівняння кожного коефіцієнта регресії потрібно було визначити *t*-критерій Стюдента для рівня значимості 0,95 і ступеня свободи 56. Табличне значення критерію дорівнює 1,672. Було проведено оцінку значимості кожного коефіцієнта виразу (4.29) (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Оціночні критерії значимості коефіцієнтів рівняння багатофакторної регресії

Коефіцієнт регресії	Значення *t*-критерію
b_0	0,001064
b_1	0,8752
b_2	0,195
b_{12}	1696
b_{11}	0,840
b_{22}	0,000

З даних табл. 4.4 можна зробити висновок, що коефіцієнти регресії при факторі *R* є незначимими, що означає неістотність його впливу на загальний прибуток П.

Тому було проведено повторний, але однофакторний регресійний аналіз. Нова модель визначення прибутку має вираз:

$$\text{у} = -123586\times x^3 + 169188\times x^2 - 7094{,}4\times x + 8589{,}6;$$

$$\text{П} = -2829{,}6 + 88437\times \text{К}_\text{с} - 34728\times K_\text{с}^2\ , \qquad (4.30)$$

при рівні значимості фактору K_c – не нижче 0,95. Коефіцієнт детермінації при цьому становить R^2 = 0,9235.

Придатність рівняння для опису реальної залежності критерію оптимізації транспортних процесів визначено за критерієм Фішера, який обчислюється за виразом:

$$F_{\text{розр}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{г}}^2}, \qquad (4.31)$$

де $S_г$ – головна дисперсія вибірки;

$S_{ад}$ – дисперсія адекватності, яку визначають за виразом [119]:

$$S^2_{\text{ад}} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(\hat{y}_{\text{pi}} - \bar{y}_{\text{ci}})}{N-d}, \qquad (4.32)$$

де $\bar{y}_{\text{ci}}$ – середнє значення змінної, отримане дослідним шляхом;

$\hat{y}_{\text{pi}}$ – середнє значення змінної, отримане розрахунковим шляхом.

Підставивши у вирази (4.31) та (4.32) числові значення статистичного ряду з додатку Є15, отримуємо: $S^2_{\text{ад}}$ =10782, $S^2_{\text{г}} = 14422{,}98$.

Таким чином, критерій Фішера $F_{\text{розр}}$ = 0,74362. Табличне значення критерію становить 2,37. Оскільки вираз (4.32) виконується, то рівняння регресії вважається адекватним.

Графічне відображення результатів розрахунків за рівнянням наведене на рис. 4.12.

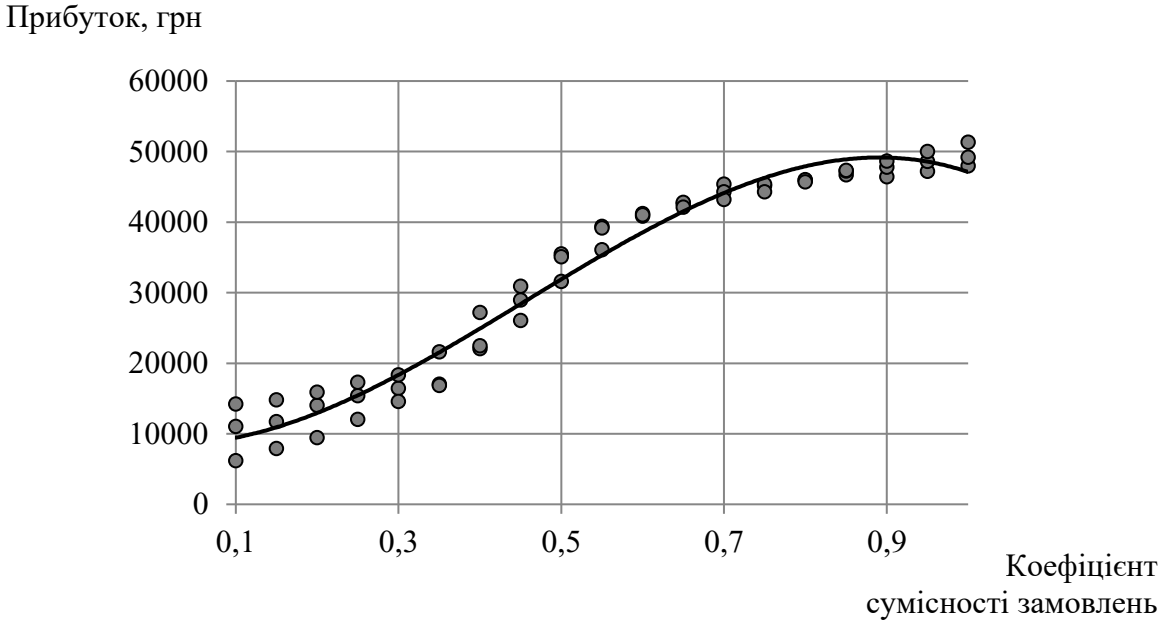


Рисунок 4.12 – Залежність отриманого від виконання замовлень на перевезення вантажів прибутку від коефіцієнта сумісності замовлень

4.6 Визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження

Застосування управлінських рекомендацій та розроблених стратегій обслуговування дає змогу впровадити новий, оптимальний інтегрований транспортний процес із залученням наявного власного парку АТЗ автотранспортного підприємства та основних засобів його АТП-партнерів по

кооперації. Підвищення економічної ефективності діяльності підприємства може бути досягнуте за рахунок обґрунтованих рішень стосовно розподілу власних автотранспортних засобів, необхідності їх оренди та удосконалення інформаційного забезпечення. Економічний ефект від впровадження результатів досліджень досягається шляхом збільшення надходжень коштів від обслуговування більшої кількості замовлень на перевезення вантажів, зменшення відмов у їх виконанні, а також прогнозування рентабельності замовлень, які надходять в загальному потоці. З іншого боку, автотранспортне підприємство, яка використовує запропоновану в роботі методику оптимізації процесу обслуговування вантажопотоків, знижує витрати через зменшення незавантаженого пробігу і простою АТЗ.

За допомогою спеціальної літератури та на основі звіту підприємства ТОВ «ЛВ-Транс» визначено основні параметри парку його автотранспортних засобів. Тип рухомого складу, який знаходиться на балансі підприємства: автопоїзд у складі тягача MAN 19.463 FLT/N із н/п KRONE; автопоїзд у складі тягача MAN 19.464 FLT/N із н/п KRONE; автопоїзд у складі тягача MAN 18.463 FLT із н/п SCHMITZ.

Після впровадження методики планування перевезень на підприємстві ТзОВ «ЛВ-Транс», що засвідчено відповідним актом (Додаток К), було отримано такі дані по підприємству:

- загальний річний обсяг перевезеного вантажу (по усіх філіях підприємства) за 2020 рік становив Q_p = 470,3 тис.тонн;
- загальна річна кількість відпрацьованих автомобіле-годин становила 485376 год;
- загальний річний пробіг усіх АТЗ становила L_p = 15843,7 тис.км;
- загальна річна кількість їздок становила Z_e = 31518, у т. ч. з вантажем – $Z_в$ = 27736.

Середня річна кількість рейсів по АТП визначалась із співвідношення:

$$Z_p = \text{А}_{\text{сп}} \times \Phi_д / T_{\text{р}}, \qquad (4.33)$$

де $А_{сп}$ – списокова кількість АТЗ на підприємстві;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу одного АТЗ на підприємстві, год:

$$Z_p = 150 \times 3236/15{,}4 = 31518.$$

Середній пробіг за одну їздку розраховувався за формулою, км:

$$l_e = \frac{L_p}{Z_e}, \tag{4.34}$$

$$l_e = (15843{,}7 \times 1000)/31518 = 503 \text{ км}.$$

Середня тривалість їздки, $t_е$ = 15,4 год.

Середня тривалість рейсу T_p = 15,4 год.

Рейси організовують таким чином, що за один рейс автопоїзд виконує 2-3 їздки з вантажем. Максимальний річний пробіг усіх АТЗ з вантажем становив $L_в$=13942,4 тис. км; загальний річний пробіг L_p =15843,7 тис. км.

У середньому за один рейс показники його виконання такі: тривалість простою під навантаженням-розвантаженням становила $t_{н.р}$ = 4,9 год; тривалість простою з організаційних причин – $t_{орг.}$ = 4,3 год; тривалість руху – $t_р$ = 3,7 год. Результати розрахунків наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Техніко-експлуатаційні показники парку АТЗ підприємства ТОВ «ЛВ-Транс» за 2019-2020 роки

Показник	Одиниця виміру	Разом по АТП за рік		Зміни до 2019, %
		2019	2020	
Списокова кількість АТЗ	од.	150	150	0,0%
Коефіцієнт випуску АТЗ на лінію	-	0,66	0,79	19,7%
Річний обсяг перевезень вантажів	тис.тонн	430,80	470,30	9,2%
Середній час у рейсі	год	14,60	15,40	45,3%
Середня довжина їздки з вантажем	км	424,00	503,00	18,6%
Середня технічна швидкість	км/год	27,80	32,60	17,3%
Середня номінальна вантажопідйомність	тонн	21,20	21,20	0,0%
Середній річний пробіг АТЗ	тис.км	87,20	105,60	21,1%
Середній річний пробіг АТЗ з вантажем	тис.км	65,60	92,90	41,6%
Загальний річний пробіг АТЗ	тис.км	12689,00	15843,70	24,9%
Річний пробіг з вантажем АТЗ	тис.км	10924,00	13942,40	27,6%

Аналіз наведених у табл. 4.5 даних показав, що раніше рухомий склад підприємства експлуатувався не достатньо ефективно. Про це свідчить невисокий коефіцієнт випуску АТЗ на лінію, невеликий сумарний річний пробіг з вантажем за рік, невисока середня технічна швидкість.

Було також проведено аналіз собівартості перевезень і тарифів на перевезення вантажів. Аналіз виконувався на основі початкових даних з підприємства ТОВ «ЛВ-Транс» (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Зміна річних витрат на виконання вантажних перевезень

Назва	Зміна витрат у 2020 році по відношенню до 2019 року, %	% від собівартості
Основна і додаткова заробітна плата водіїв	+8,3	8,6%
нарахування на заробітну плату	+10,8	2,9%
Паливо	–21,5	63,8%
Мастильні матеріали	–15,8	6,0%
Знос та ремонт шин	–6,3	2,4%
Запасні частини	+3,4	1,5%
Витрати на:		
технічне обслуговування	+2,1	1,1%
поточний і капітальний ремонти	+5,9	2,0%
Витрати, пов'язані з міжнародними перевезеннями	+6,4	2,5%
Маркетингові витрати	+12,5	0,5%
Накладні витрати	+ 0,9	7,2%
Податки і збори	+3,2	1,2%
Дорожній збір	+7,3	0,3%
Разом по собівартості	–6,8	100,0%

Повна собівартість 1 км пробігу з вантажем (в середньому − при виконанні перевезень у міжнародному сполученні та територією України у міському та міжміському сполученні) по підприємству становила $C_{п.км} = 1,8$ грн за 2020 рік. При перевезеннях на великі відстані підприємством застосовується договірний тариф, який становив від 16 до 41,25 грн/км (чим більша відстань, тим тариф менший). Згідно з декларацією підприємства чистий прибуток підприємства за 2020 рік становив $П_{2020} = 961,1$ тис.грн.

Для оцінки ефективності капіталовкладень використано метод, базований на дисконтуванні ефекту від інвестованих капіталовкладень, та визначенні терміну окупності, роки [121].

$$T_{OK} = T + \frac{S_m}{S_{m+1} + S_m}. \quad (4.35)$$

Інвестиції для впровадження запропонованих рекомендацій на підприємстві становлять К = 3738,5 тис.грн. Термін їх окупності – $T_{ок}$ = 2,2 року (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Розрахунок економічної ефективності від впровадження результатів дослідження

Показник		Одиниця виміру	Формула	Рік			
				2019	2020	2021	2022
При-буток	за 1-й рік	тис.грн.	-	961,1	756,0	600,0	0,0
	коефіцієнт поправки	-	-		2,2	3,0	2,2
	за наступні роки	тис.грн.	$П_1 \times К_{nt}$		2116,7	2883,3	2116,7
Капі-тальні витрати	за 1-й рік	тис.грн.	-	2382,5	756,0	600,0	0,0
	коефіцієнт поправки	-	-		0,5	0,4	0,3
	за наступні роки	тис.грн.	$К_1 \times К_{kt}$		1971,9	877,2	180,1
Недисконтований економічний ефект		тис.грн.	$П_t - К_t$	-1421,4	**144,8**	2006,1	1936,6
Норма дисконту		%	-	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
Коефіцієнт дисконту		-	$1/(1+E_x)^{t-1}$	1,0	1,0	0,9	0,9
Дисконтований економічний ефект зі знаком		тис.грн.	$E_{pt} \times A_t$	-1421,4	138,9	1847,7	1711,7
Кумулята дисконтованого річного ефекту		тис.грн.	E_{pt}	-1421,4	-1282,5	565,2	2277,0
Знак кумуляти дисконтованого ефекту		-	Знак S_t	-	-	+	+

4.7 Висновки за розділом 4

Набір правил, який найбільш точно відображає зміст бажаних наслідків виконання перевезень, можна звести до того, що у роботі кожного АТЗ мають бути цикли, які пропорційні до циклічності вхідного потоку. Однак розмір інтервалу періодичності не впливає на точність імітації ТП міжміських перевезень вантажів.

Засобами імітаційного моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів встановлено, що найбільш суттєвим для їх успішної діяльності на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані.

Натомість між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв’язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

Враховуючи результати ІМ можна стверджувати, що найбільш суттєвим для успішної діяльності АТП при виконанні перевезень на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані. Для тих варіантів розподілу АТЗ по наявних замовленнях, де кількість відмов є мінімальною, усі інші експлуатаційні показники також набувають оптимального значення.

Кількість задіяних власних АТЗ для виконання заданого обсягу замовлень є несуттєвим чинником, який визначає загальний дохід від виконання вантажних перевезень. Натомість між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв’язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу системоутворюючих факторів розроблено методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу, які впливають на господарську діяльність автотранспортних підприємств. Встановлено, що головним джерелом подальшого зростання цих підприємств є налагодження організаційно-технологічної взаємодії з партнерами для виконання замовлень на перевезення вантажів на основі їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості.

2. Удосконалено методику структурного моделювання інтегрованого транспортного процесу з параметрами випадкових вхідних вантажопотоків на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії вантажних автотранспортних підприємств з урахуванням ознак сумісності транспортних завдань і їх часових вікон.

3. Встановлено, що організаційно-технологічна сумісність замовлень на виконання перевезень вантажів залежить від порядку їх виконання в інтегрованому транспортному процесі, від часових зв’язків замовлень, їх концентрації на заданій транспортній мережі. Для оцінювання сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі розроблена їх класифікація та запропоновано відповідні відносні коефіцієнти, за числовими значеннями яких будь-які два замовлення вхідного потоку можна віднести до несумісних, частково, або повністю сумісних.

4. Удосконалено методику та алгоритм імітаційного моделювання процесу виконання заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критерієм мінімальних простоїв і мінімальних їздок без вантажу, що виконуються ними.

5. Засобами імітаційного моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів встановлено, що найбільш

суттєвим для їх успішної діяльності на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані.

Натомість, між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв’язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

На основі вищевикладеного розроблена методика щодо організації сумісної діяльності автотранспортних підприємств.

6. Результати виконаних досліджень підтверджені їх апробацією та впровадженням на підприємстві ТОВ «ЛВ-Транс». Сукупний річний економічний ефект від впровадження становить 144,8 тис.грн. станом на грудень 2020 року. Максимальний економічний ефект очікується у 2021 році у розмірі 2006,3 тис.грн.

На основі методики нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, встановлено, що залучення додаткових АТЗ при збільшенні кількості замовлень призводить до зворотного ефекту, а саме збільшення кількості відмов. Це спостерігається до певної межі (орієнтовно 80% замовлень), після якої вхідний потік більшої інтенсивності обслуговується стабільно. При застосуванні сумісної діяльності автотранспортних підприємств різниця максимального прибутку за оптимальної структури процесу може перевищувати інші варіанти співпраці на 10-12 тис.грн. при 10 відомих замовленнях, 5 наявних автотранспортних засобах, що становить 71-73% від сукупного доходу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шарай С.М., Ященко В.М., Рой М.П. Напрями вдосконалення роботи терміналів шляхом підвищення ефективності здійснення митних процедур *Бізнес-моделі розвитку транспортних, агропромислових і інших підприємницьких структур: сучасні реалії та перспективи:* Колективна монографія з міжнародною участю / за ред. Л. М. Савчук, Л. М. Бандоріної. – Дніпро: ЖУРФОНД, 2018. – 416 с. (параграф 3.2, С. 112-129).

2. Шарай С.М., Рой М.П. Кластер як важлива складова транспортного сектору України. *Вісник НТУ*, Серія «Економічні науки», Випуск № 2(41) 2018, Київ, 2018. С. 147-152.

3. Шарай С.М., Рой М.П. Особливості формування транспортно-логістичного кластеру в транспортному секторі України. *Вісник НТУ*, Серія «Технічні науки». Київ, Вип. № 2(41) 2019. С. 147-152.

4. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Development of the procedure for simulation modeling of interrelated transport processes on the main road network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/3 (101). 2019. P.70-83.

5. Шарай С., Оліскевич М., Рой М. Моделювання взаємодії автомобільних транспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів. *Вісник машинобудування та транспорту.* 2019. 10 (2). С. 95-101. URL: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-95-101

6. Рой М.П. Метод оптимізації інтегрованого транспортного процесу вантажних автомобільних перевезень. Вчені *записки Таврійського НУ ім. В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. 31 (70). № 5. С.220-227.

7. Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Рой М.П. Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від вхідного потоку замовлень. *Розвиток транспорту*. 2020. № 1(6). С. 103-115. DOI: 10.33082/td.2020.1-6.09.

8. Шарай С.М., Рой М.П. Застосування системного підходу до організації вантажних автомобільних перевезень із часовими вікнами. *Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського Серія:*

Технічні науки. 2021. Том 32 (71) № 1. Ч.2. С.148-155. DOI https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/24

9. Sharai, S., Oliskevych, M., Roi M. (2021) Method of Selection of Sequence of Execution of Orders for Long-Term Freight Road Transportation. *World Science*. 9(70). P.4-10. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30092021/7688

10. Sharai S., Roi M., Dekhtiarenko D. Formation of transport-logistic clusters in Ukraine. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Актуальні проблеми транспорту“*, 2019. С. 152-161.

11. Шарай С.М., Рой М.П. Теоретичні засади створення транспортно-логістичних кластерів в Україні: тези доп. LXXIV *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 16-18 травня 2018). Київ, 2018. С. 108.

12. Шарай С.М., Рой М.П. Теоретичні засади створення транспортно-логістичних кластерів в Україні : тези доп. LXXV *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 15-18 травня 2019). Київ, 2019. С.213.

13. Шарай С.М., Катрушенко Н.А., Ященко В.Н., Рой М.П. Функционирование грузовых таможенных комплексов в системе терминальных перевозок: Электронное издание: Программа 72-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов Белорусского национального технического университета. (Минск, 14 мая 2019). Минск, 2019. С. 104.

14. Шарай С.М., Олискевич М.С., Рой М.П. Стратегия обслуживания заявок на перевозку груза при случайной периодичности их поступлення: *Материалы Международной научно-практической онлайн-конференции Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики*. (Гомель, 24 апреля 2020 г.). С.130-131.

15. Свідоцтво серія № 94208. Комп'ютерна програма "Imitation16" – програма, яка виконує імітацію міжміських автомобільних перевезень вантажів при випадковому вхідному потоку замовлень. Оліскевич М.С., Шарай С.М., Рой М.П. Дата реєстрації 26.11.2019.

16. Свідоцтво серія № 94018. Науковий твір «Імітаційне моделювання транспортних процесів на магістральній мережі» Шарай С.М., Оліскевич М.С., Рой М.П. Дата реєстрації 19.11. 2019.

17. Ke Ma Rudrajeet Pal, Eva Gustafsson. What modelling research on supply chain collaboration informs us? Identifying key themes and future directions through a literature review, International Journal of Production Research, 2019. 57:7, P.2203-2225. DOI: 10.1080/00207543.2018.1535204

18. Cruijssen, F., Cools, M., & Dullaert, W. Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007. 43(2), P.129–142.

19. Gansterer M., Hartl R.F., Vetschera R. The cost of incentive compatibility in auctionbased mechanisms for carrier collaboration. *Networks*, 2019. 73.4: P.490-514.

20. Ganstererand M., Hartl R.F. Collaborative vehicle routing: Asurvey, Eur.J. *Oper. Res*. 268, 2018, P. 1–12.

21. Raiffa H., Richardson J., Metcalfe D., Negotiation Analysis, Belknap, Cambridge, MA, 2002.

22. Wurman P.R., Walsh W.E., Wellman M.P. Flexible double auctions for electronic commerce: Theory and implementation, Decis. Support Syst. 24, 1998. P.17–27.

23. Yee Ming Ch., Bo-Yuan W. Vehicle-based interactive management with multi-agent approach. *Journal of Industrial Engineering and Management*, ISSN 2013-0953, vol. 2, iss. 2, pp. 360-386, 2009. doi.org/10.3926/jiem.v2n2.p360-386 – Режим доступу : http://hdl.handle.net/10419/188400

24. Road freight transport statistics. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_statistics

Growth_in_EU_road_freight_transport_for_the_fifth_consecutive_year (дата звернення: 01.03.2020).

25. Kratica, J., Stanimirovic, Z., Tosic, D., & Filipovic, V. Two genetic algorithms for solving the uncapacitated single allocation p-hub median problem. *European Journal of Operational Research*, 2007. №182. P.15–28.

26. FERNÁNDEZ, Elena; ROCA-RIU, Mireia; SPERANZA, M. Grazia. The shared customer collaboration vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 2018. №265.3. P.1078-1093.

27. Verdonck Lotte, et al. Analysis of collaborative savings and cost allocation techniques for the cooperative carrier facility location problem. *Journal of the Operational Research Society*, 2016, 67.6: 853-871.

28. Dahl S., Derigs U. Cooperative planning in express carrier networks − An empirical study on the effectiveness of a real-time Decision Support System. *Decision Support Systems*, 2011, 51.3: 620-626.

29. Собкевич О.В. Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України: аналіт. доп. / О.В. Собкевич, К.М. Михайличенко, О.Ю. Ємельянова. К. НІСД, 2014. 418 с.

30. Смирнов І.Г. Транспортна логістика. К. ЦУЛ, 2008. 224 с.

31. Ковбатюк М.В. Створення кластерів як перспективний напрям адаптації транспортних підприємств / М.В. Ковбатюк, Н.Г. Бенник. Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" - № 10, 2016 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5188

32. Дорощук В.О. Сучасні підходи до вирішення поставлених задач в економіці транспорту / В.О. Дорощук, Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" – №11, 2016 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5268

33. Чупайленко О.А. Транскордонні транспортно-логістичні кластери та транскордонні об’єднання в Україні. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки”. К.: НТУ, 2014. Вип. 14. с. 266-274. [Електронний ресурс] – Режим

доступа: http://ucluster.org/universitet/klastery-ukraina/2012-study/perspektivni-napryamki-klasterizacii-vodnikh-resursiv/klasteri-vodnoi-transportnoi-logistiki-portovi-klasteri/

34. Гриценко С.И. Транспортно-логистические кластеры в Украине: пути становления и развития: Монография / С.И. Гриценко. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ. 2009. 218с. (Рос.)

35. Концепція створення кластерів в Україні. КМ України. 2008 [Електронний ресурс] – Режим доступа: http://biznes.od.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=499&Itemid=3

36. Карпенко О.О., Механізм кластеризації транспортно-логістинчих підприємств. транспорту / О.О. Карпенко, Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" – №10, 2015 [Електронний ресурс] – Режим доступа: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/10_2015/73.pdf

37. Карпенко О.О. Особливості формування кластерів в Україні / О.О. Карпенко, О.С. Шпак //Водний транспорт. – 2012. – Вип. 2. – С. 83-87. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodt_2012_2_18

38. Підвисоцький В.Г. Транскордонні кластери: європейський досвід створення та розвитку / В.Г. Підвисоцький,. Т.В. Палпу // Формування ринкових відносин вУкраїні. 2011. – № 4. С. 28-35.

39. Концепція створення кластерів в Україні. КМ України. 2008 [Електронний ресурс] – Режим доступа: http://biznes.od.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=499&Itemid=3

40. Ніколаєв Ю.О. Структура транспортно-логістичного кластера та процес його формування. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2012. Вип. 1 (44). С.345-350.

41. Лифар В.В. Організаційно-правові аспекти формування транспортного кластера в регіоні. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2014. № 2. С. 188-195. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mimi_2014_2_18

42. Партола А.І. Логістичні кластери як інструмент розвитку транспортно-логістичної системи. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2016. Вип. 8(2). С. 43-45. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvuumevcg_2016_8%282%29__12

43. Sprenger R. Mönch L. A methodology to solve large-scale cooperative transportation planning problems. *European Journal of Operational Research.* 2012, 223.3. 626-636.

44. ÖZENER, Okan Örsan; ERGUN, Özlem; SAVELSBERGH, Martin. Lane-exchange mechanisms for truckload carrier collaboration. *Transportation Science*, 2011, 45.1: 1-17.

45. Quintero-Araujo C.L., Gruler, A., Juan, A.A., deArmas J. and Ramalhinho. Usingsimheuristics to promote horizontal collaboration in stochastic city logistics. *Progress in Artificial Intelligence*, 2017. pp. 1–10.

46. Lee Chi-Guhn, Kwon Roy H.; MA, Zhong. A carrier's optimal bid generation problem in combinatorial auctions for transportation procurement. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2007. 43.2: 173-191.

47. Houghtalen Lori, Ergun Özlem, Sokol Joel. Designing mechanisms for the management of carrier alliances. *Transportation Science*, 2011. 45.4: 465-482.

48. Shapley Lloyd S. A value for n-person games. *Contributions to the Theory of Games*, 1953, 2.28: 307-317.

49. Шраменко Н.Ю., Орда О.О. Формування сучасної логістичної інфраструктури на основі взаємодії транспортно-експедиторських підприємств з суб'єктами транспортного ринку. *Оргкомітет конференції*, 2015.

50. Танаев В.С., Сотсков Ю.Н., Струсевич В.А. Теория расписаний. Многостадийные системы. Москва. Наука, 1989. 328 с.

51. Krajewska, Marta Anna; Kopfer, Herbert. Collaborating freight forwarding enterprises. *OR spectrum*, 2006, 28.3: 301-317.

52. Frisk, M., Go¨the-Lundgren, M., J¨ornsten, K. and Ronnqvist, M. Cost allocation in collaborative forest transportation. *European Journal of Operational Research*, 2010. №205, P.448-458.

53. Liu, R., Jiang, Z., Liu, X. and Chen, F. Task selection and routing problems in collaborative truckloadtransportation. Transportation Research PartE: Logistic sand Transportation Review, 2010. 46. P. 1071-1085.

54. Serrano-Hernández A., et al. Horizontal collaboration in freight transport: concepts, benefits and environmental challenges. *SORT*, 2017. 1: 393-414.

55. Caputo M., Mininno V. Internal, vertical and horizontal logistics integration in Italian grocery distribution. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 1996. 23. P 280-319.

56. Cruijssen, F., Cools, M. and Dullaert, W. Horizontal cooperation in logistics: opportunities and impediments. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007. 43. 129-142.

57. Bengtsson, M. and Kock, S. Cooperation and competition in relationships between competitors in business networks. Journal of Business & Industrial Marketing, 2009. 14. P. 178-194.

58. Кузьмінський Р.Д. Розрахунок організаційно-технологічної сумісності процесів ремонту різних об'єктів з урахуванням прогнозу динаміки зміни часткових програм. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*, 2011. 24 (2): 50-53.

59. Wojakowski P., Warżołek D. The classification of scheduling problems under production uncertainty. *Research in logistic & production,* 2014. Vol. 4. No. 3. P. 245-255. Available at: http://www.research.logistyka-produkcja.pl/images/stories/Numer_14/6.pdf

60. Наумов В.С. Транспортно-экспедиционное обслуживание в логистических системах: монография. Харьков: ХНАДУ, 2012. 219 с.

61. Шраменко Н.Ю. Повышение эффективности функционирования терминальной системы в условиях ресурсосбережения. Вестник ХНАДУ: Сб. научн. трудов. Харьков: ХНАДУ, 2013. Вып. 60. С. 22-26.

62. Смехов О.О. Маркетинговые модели транспортного рынка. М.: Транспорт, 1998. 20 с.

63. Горелик В.А. Методы коррекции данных в задаче согласования решений кооперативных игр. *Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов*, 2016. 31.1: 72-85.

64. Дзінько А.М. Агентно-орієнтований підхід до розв'язання логістичних задач диспетчеризації матеріальних потоків / А.М. Дзінько, Л.С. Ямпольський // Адаптивні системи автоматичного управління. 2012, № 21(41), С. 18-22.

65. Приймак М.В. Моделі та методи дослідження систем масового обслуговування марківського типу в умовах стохастичної періодичності та їхнє застосування в енергетиці / М.В. Приймак, О.В. Мацюк, О.В. Маєвський, С.Ю. Прошин // Технічна електродинаміка. 2014. № 2. С. 11-16.

66. Fujimoto, R.M., Bagrodia, R., Bryant, R.E., Chandy, K.M., Jefferson, D., Misra, J., ... & Unger, B. Parallel discrete event simulation: the making of a field. In Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference, 16. IEEE Press. URL: http://simulation.su/uploads/files/default/2017-fujimoto-bagrodia-bryant-chandy-jefferson-misra-nicol-unger.pdf

67. Zahra L., Muriati M., Shahnorbanun S., Ali Taei Zadeh. Information Sharing in Supply Chain Management in *4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI 2013) Procedia Technology*, 2013. P. 298-304.

68. Аземша С. Статистическое моделирование работы грузовых автомобилей на международных маршрутах при различных стратегиях принятия обратной загрузки. *Transport and Telecommunication*, 2007. Vol. 8, No 1, pp. 53-61.

69. Біліченко В.В., Огневий В.О. Трансформаційні процеси та стратегії розвитку автотранспортних підприємств. *Вісник ЖДТУ. Серія" Технічні науки"*, 2008. 2.3 (46).

70. Hudnurkar M., Jakhar S., Rathod U. Factors affecting collaboration in supply chain: a literature review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, 133.1: P.189-202.

71. Li Le. Coordinated model predictive control of synchromodal freight transport systems. 2016. PhD Thesis. Ph. D. thesis, Delft University of Technology TRAIL thesis series.

72. Васелевський М., Крикавський Є. Інтеграція цілей в ланцюгу поставок промислової продукції. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2011. № 6, т. 2, с. 177-182.

73. Мосьпан Н. Формування стратегій автотранспортних підприємств по обслуговуванню разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученню. Дис. канд. техн. наук., трансп. сист., ХНАДУ, Харків, 2018.

74. Naumov V., Kholeva O. Studying demand for freight forwarding services in Ukraine on the base of logistics portals data. Procedia Eng., 2007. 187, 317-323. doi: https//doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.381

75. Горбачов П.Ф. Імітаційна модель обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення / П.Ф. Горбачов, Н.В. Мосьпан // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2017. Вып. 76. С. 32-39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2017_76_8.

76. Regan A., Ruiz G. Modelling freight demand and shipper behaviour: state of the art, future directions. Travel behaviour research. The leading edge, 2001. 125.

77. Seungjin S., Hong-Seung R., Sung Ho Hur. Characteristics analysis of freight mode choice model according to the introduction of a new freight transport system, / Sustainability, MDPI, Open Access Journal, 2019. 11(4). 1−13. URL : https://www.researchgate.net/publication/331337933_

78. Pryimak M. Fourier series of periodic functions with variable period and evaluation of their variable period for determination of heart rhythm variability /

M. Pryjmak, Y. Vasylenko, L. Dmytrotsa, M. Oliynyk // Computational Problems of Electrical Engineering. Vol. 7, No 2, 2017. P. 108-116.

79. Foster, S. Towards an understanding of Supply Chain Quality Management / S. T. Foster // Journal of Operations Management, 2008. 26. P.461−467.

80. Ritzinger U., Puchinger J., Hartl Richard F. A survey on dynamic and stochastic vehicle routing problems. International Journal of Production Research, Taylor Francis, 54 (1), doi.10.1080/00207543.2015.1043403. URL: https://hal.inria.fr/hal-01224562

81. Приймак М.В. Моделі та методи дослідження систем масового обслуговування марківського типу в умовах стохастичної періодичності та їхнє застосування в енергетиці / М.В. Приймак, О.В. Мацюк, О.В. Маєвський, С.Ю. Прошин // Технічна електродинаміка. 2014. № 2. С. 11-16.

82. El-Sherbeny, N-A. Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. N.A. Journal of King Saud University, 2009. №22. P.123-131. doi: https//doi.org/10.1016/j.jksus.2010.03.002

83. Apfelst S., Dashkovskiy B. Nieberding I. Modeling, Optimization and Solving Strategies for Matching Problems in Cooperative Full Truckload Networks," *IFAC – PapersOnLine*, 2016. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/ S2405896316300040

84. Hezarkhani M., Slikker T., Van Woensel1 A competitive solution for cooperative truckload delivery. *OR Spectrum*, 2016. iss. 38 : p. 51-80, 2016. http: //doi 10.1007/s00291-015-0394-y

85. Prokudin G., Chupaylenko O., Dudnik O., Dudnik A. and Omarov D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,* no 6/3 (84), p. 54-61, 2016. http: //doi 10.15587/1729-4061.2016.85211

86. Crainic T.G., Perboli G., Rosano M. Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy. European Journal of Operational Research, 2018. 270, 2/16, 401-418. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.061

87. Robinson S. R., Pasupathy S.-H., Kim A., Tolk R., Hill M., Kuhl E. (Eds.). Conceptual Modeling for Simulation. Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, IEEE Press, Piscataway, 2013. 377-388. doi: https//doi.org/10.1109/WSC.2013.6721435

88. Beloglazov A., Banerjee D., Hartman A., Buyya R. Improving Productivity in Design and Development of Information Technology (IT) Service Delivery Simulation Models J. Serv. Res-US, 2015. 18, 75-89. doi: https//doi.org/10.1177%2F1094670514541002

89. Prokudin G., Chupaylenko O., Dudnik O., Dudnik A., Svatko V. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018. 2/3 (92). P.51−59. doi: https//doi.org/10.15587/1729-4061.2018.128907

90. Приймак М.В., Дмитроца Л.П., Олійник М.З. Аналітичні способи задання функцій із змінним періодом та інформаційні технології визначення їх коефіцієнтів Фур'є // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка» – Збірник наукових праць, 854. – Серія: Інформаційні системи та мережі. – Львів, вид-во Львівської політехніки, 2016. – С. 138-148.. URL: http://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/150

91. Apfelst A., Dashkovskiy S., Nieberding B. (2016). Modeling, Optimization and Solving Strategies for Matching Problems in Cooperative Full Truckload Networks, IFAC PapersOnLine, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/ S2405896316300040

92. Harris, I., Wang, YL., Wang YL. (2015). ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future. Int. J. Prod. Econ., 159, 88−103. doi: https//doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.005

93. Нагорний Є.В. Аналіз теоретичних підходів до вдосконалення логістичного управління в транспортних вузлах / Є.В. Нагорний, В.С. Наумов, Т.О. Омельченко, Я.В. Літвінова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, ISSN 1729-3774 4/4. Вып. (64), 2013, С. 61-64.

94. Naumov, V. Definition of the optimal strategies of transportation market participators. Transport Problems, 2012. 7 (1), 43-52.

95. Prokudin G., Chupaylenko O., Dudnik O., Dudnik A., Omarov D. (2016). Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. N. 6/3 (84). 54−61. doi: https//doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85211

96. Samimi, A., Mohammadian A., Kawamura K., Pourabdollahi Z. (2014). An activity-based freight mode choice microsimulation model. Transportation Letters, The International Journal of Transportation Research 6(3) July. 142-151. doi: https//doi.org/10.1179/1942787514Y.0000000021

97. Langer Ph., Naumann F. Efficient order dependency detection. *The VLDB Journal*, 2016. №25(2). pp. 223 – 241. DOI: 10.1007/s00778-015-0412-3

98. Consonni C., Sottovia P., Montresor A., Velegrakis Y. Discovering order dependencies through order compatibility. *Advances in Database Technology-EDBT. OpenProceedings. org*, 2019. Vol. 2019, pp. 409-420. https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/384380/EDBT19_paper_93.pdf

99. Fan X., Li B., Li C., SIsson S., Chen L. Scalable deep generative relational model with high-order node dependence. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2019, pp. 12658 – 12668. https://papers.nips.cc/paper/9428-scalable-deep-generative-relational-model-with-high-order-node-dependence

100. Павленко О.В., Великодний, Д.О. Формування раціональної схеми обслуговування замовлень на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством. *Комунальне господарство міст*, 2020. №154, с. 223-230. DOI 10.33042/2522-1809-2020-1-154-223-230

101. Єфремов М.Ф., Єфремов Ю.М., Єфремов В.М. Проблеми і вимоги до АСУ автотранспортного підприємства. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*, 2017. №1(2 (80)), с. 135-138. DOI: 10.26642/tn-2017-2(80)-135-138

102. Прокудін Г.С., Дмитриченко А.М., Цимбал Н.М., Дудник О.С., Омаров Д.А. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язуванні

багатоетапних транспортних задач. *Вісник Національного транспортного університету*, 2015. №31, с. 450-462.

103. El-Sherbeny N. A. Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. *Journal of King Saud University-Science*, 2010. №22(3), pp. 123 – 131. DOI:10.1016/j.jksus.2010.03.002

104. Bräysy O., Gendreau M. Vehicle routing problem with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms. *Transportation science*, 2005. №39(1), pp. 104-118. https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/trsc.1030.0056

105. Acharya S. Vehicle Routing and Scheduling Problems with time window constraints-Optimization Based Models. *Int Jr. of Mathematical Sciences & Applications*, 2013. №3(1). pp. 169-179.

106. He Q., Guan N., Guo Z. Intra-task priority assignment in real-time scheduling of dag tasks on multi-cores. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2019. №30(10), p. 283-295. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8686234/

107. Mäcker A., Meyer auf der Heide F., Pukrop S. Approximating Weighted Completion Time for Order Scheduling with Setup Times. In: Chatzigeorgiou A. et al. (eds). *SOFSEM 2020: Theory and Practice of Computer Science*. SOFSEM, 2020. Lecture Notes in Computer Science. vol. 12011. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-38919-2_8

108. Morales R., Chicano F., Khomh F., Antoniol G. Efficient refactoring scheduling based on partial order reduction. *Journal of Systems and Software*, 2018. №145. pp. 25-51. DOI: 10.1016/j.jss.2018.07.076

109. Аземша С. Статистическое моделирование работы грузовых автомобилей на международных маршрутах при различных стратегиях принятия обратной загрузки // Transport and Telecommunication. 2007. Vol. 8, No 1. P. 53-61.

110. Огневий В.О. Формування стратегій трансформації підприємств автомобільного транспорту. *Вісник ЖДТУ. Серія" Технічні науки"*, 2010, 2.2 (53): 109-120.

111. Прокудін Г.С.; Оліскевич М.С. Вплив структури транспортної системи на показники якості доставки вантажів у міжміському сполученні. *Вісник Національного транспортного університету*, 2019, 1: 143-158.

112. Прокудін, Г.С., Оліскевич, М.С. Методика оптимізації спільного розкладу парку магістральних автомобілів при наявності часових обмежень. *Технічна інженерія*, 2018, 2 (82): 118-126.

113. Oliskevych, M. Dynamic scheduling of highway cargo transportation. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Актуальні проблеми транспорту “*, 2019, 141-151.

114. Саланда І.П., Барабаш О.В., Мусієнко А.П. Методи пошуку оптимальних маршрутів графа структури розгалуженої інформаційної мережі за заданим критерієм оптимальності при різних обмеженнях. *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку*. 2016. Nr 2 (42). P. 99-106.

115. Лазарев, А.А. *Методы и алгоритмы решения задач теории расписаний для одного и нескольких приборов и их применение для задач комбинаторной оптимизации*. PhD thesis. Москва: МГТУ. 2007. 36 p.

116. Kozachenko, D. & Vernigora, R. & Balanov R. & et al. Evaluation of the transition to the organization of freight trains traffic by the schedule. *Transport Problems*. 2016. Vol. 11 Issue 1. P. 41-48.

117. Бондар Н.М. Об'єкти та моделі партнерських взаємодій держави і приватного сектору у сфері автомобільних пасажирських перевезень. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*, 2011, 8: 256-261.

118. Макконнелл, Кэмпбелл Р.; Брю, Стэнли Л. *Экономикс*. ИНФРА-М, 2006.

119. Пономаренко В.С. Аналіз даних у дослідження соціально-економічних систем / В.С. Пономаренко, Л.М. Малярець. – Х. : ВД "ІНЖЕК", 2009. – 432 с.
120. Майборода Р.Є., Сугакова О.В. Статистичний аналіз даних за допомогою пакета STATISTICA : Навчальний посібник.
121. https://www.ua-region.com.ua/kved/Trt.63.40.0
122. https://www.poshuk.com/
123. https://sites.google.com/site/cinoutvorenna/

ДОДАТКИ

Додаток А – Приклади заявок на перевезення вантажів

Таблиця А1 – Фрагмент заявки на перевезення вантажів до автотранспортного підприємства «Транс-Сервіс-1» станом на 1.07.2019

Загаль на кіль кість АТЗ по менеджеру	Контрагент	Кількість АТЗ на завантаження, яку заявляє менеджер	Маршрут	Тривалість	Вид вантажу	Кількість АТЗ на завантаження, яку дає логіст	Кількість АТЗ, якої невистачило
11	Інтерпайп Україна	8	Дніпро-Нікополь-Дніпро	по факту вигрузки	Труби	8	0
	Нібулон	3	Нові Біляри - Миколаїв	1	Ячмінь	3	0
17	ЛМХЗ	3	Миколаїв - Пустомити	3х	Пісок	3	0
	Оліяр	1	Пустомити - Ставчани(екскаватор)	1	Трал	1	0
	Агрофірма Джерельце	13	Снігурівка - Миколаїв	1	Зернові	12	1
9	Сантрейд	1	Дніпро - Кременчук 2х	2х	Лушпиння	1	0
		5	Дніпро - Дніпро	2х	Шрот	5	0
	Кормлайф	3	Харків - Словянськ	1	Комбікорм	3	0
27	Миронівський хлібопродукт	1	Черкаси - Дніпро	1	Комбікорм	1	0
		1	Павлоград - Миронівка	1 рейс = 2 доби	Соняшник	1	0
		8	Черкаси - Вінниця	1	Комбікорм	8	0
	Санкорм	5	Березанка - Одеса	1	Шрот	5	0
	ТОВ Журавель	1	Дмитрівка - Южний	1	Пшениця	1	0
	Захід - Агро МХП	8	Самбір - Красне	1	Ячмінь	8	0
	Метінвест	3	Запоріжжя - Запоріжжя	з 7 00 до 22 00	Шлак	2	1
26	Агро+	6	Херсон *по місцю*	1	Зернові	5	1
	Мелітопольський ХПП	6	Геніченськ *по місцю*	1	зернові	6	0
	Монделіз	5	Кропивницький - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	5	0
		4	Вінниця - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	4	0
		5	Голованівськ - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	5	0
90		90				87	2

Таблиця А2 – Фрагмент заявки на перевезення вантажів до автотранспортного підприємства «Транс-Сервіс-1» станом на 02.07.2019

Загаль на кіль кість АТЗ по менеджеру	Контрагент	Кількість АТЗ на завантаження, яку заявляє менеджер	Маршрут	Тривалість	Вид вантажу	Кількість АТЗ на завантаження, яку дає логіст	Кількість АТЗ, якої невистачило
10	Інтерпайп Україна	7	Дніпро-Нікополь-Дніпро	по факту вигрузки	Труби	7	0
	Нібулон	3	Нові Біляри - Миколаїв	1	Ячмінь	3	0
17	ЛМХЗ	3	Миколаїв - Пустомити	3х	Пісок	3	0
	Оліяр	1	Пустомити - Ставчани(екскаватор)	1	Трал	1	0
	Агрофірма Джерельце	13	Снігурівка - Миколаїв	1	Зернові	10	3
9	Сантрейд	1	Дніпро - Кременчук 2х	2х	Лушпиння	1	0
		5	Дніпро - Дніпро	2х	Шрот	5	0
	Кормлайф	3	Харків - Словянськ	1	Комбікорм	3	0
27	Миронівський хлібопродукт	1	Черкаси - Дніпро	1	Комбікорм	1	0
		1	Павлоград - Миронівка	1 рейс = 2 доби	Соняшник	1	0
		8	Черкаси - Вінниця	1	Комбікорм	8	0
	Санкорм	5	Березанка - Одеса	1	Шрот	5	0
	ТОВ Журавель	1	Данилівка - Южний	1	Пшениця	1	0
	Захід - Агро МХП	8	Самбір - Красне	1	Ячмінь	8	0
	Метінвест	3	Запоріжжя - Запоріжжя	з 7 00 до 22 00	Шлак	3	0
26	Агро+	6	Херсон *по місцю*	1	Зернові	5	1
	Мелітопольський ХПП	6	Геніченськ *по місцю*	1	зернові	6	0
	Монделіз	5	Кропивницький - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	5	0
		4	Гайсин - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	4	0
		5	Голованівськ - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	5	0
		2	Хмельницький - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	2	0

Таблиця А3 – Фрагмент заявки на перевезення вантажів до автотранспортного підприємства «Транс-Сервіс-1» станом на 03.07.2019

Загаль на кіль кість АТЗ по менеджеру	Контрагент	Кількість АТЗ на завантаження, яку заявляє менеджер	Маршрут	Тривалість	Вид вантажу	Кількість АТЗ на завантаження, яку дає логіст	Кількість АТЗ, якої невистачило
10	Інтерпайп Україна	7	Дніпро-Нікополь-Дніпро	по факту вигрузки	Труби	7	0
	Нібулон	3	Нові Біляри - Миколаїв	1	Ячмінь	3	0
22	ЛМХЗ	3	Миколаїв - Пустомити	3х	Пісок	3	0
	Оліяр	1	Пустомити - Ставчани(екскаватор)	1	Трал	1	0
	Оліяр	5	Луцьк - Пустомити	5	ріпак	5	0
	Агрофірма Джерельце	13	Снігурівка - Миколаїв	1	Зернові	13	0
9	Сантрейд	1	Дніпро - Кременчук 2х	2х	Лушпиння	1	0
		5	Дніпро - Дніпро	2х	Шрот	5	0
	Кормлайф	3	Харків - Словянськ	1	Комбікорм	3	0
27	Миронівський хлібопродукт	1	Черкаси - Дніпро	1	Комбікорм	1	0
		1	Павлоград - Миронівка	1 рейс = 2 доби	Соняшник	1	0
		8	Черкаси - Вінниця	1	Комбікорм	8	0
	Санкорм	5	Березанка - Одеса	1	Шрот	5	0
	ТОВ Журавель	1	Дмитрівка - Южний	1	Пшениця	1	0
	Захід - Агро МХП	8	Самбір - Красне	1	Ячмінь	8	0
	Метінвест	3	Запоріжжя - Запоріжжя	з 7 00 до 22 00	Шлак	3	0
26	Агро+	6	Херсон *по місцю*	1	зернові	4	2
	Мелітопольський ХПП	6	Геніченськ *по місцю*	1	зернові	6	0
	Монделіз	5	Кропивницький - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	5	0
		4	Гайсин - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	4	0
		5	Голованівськ - Чорноморськ	1 рейс = 2 доби	Соняшник	5	0

Додаток Б – Вибірка підприємств, які досліджувались

Таблиця Б1 – Зведені дані по автотранспортних підприємствах

Назва підприємства, розташування	Регіон діяльності	Тип і кількість власних автотранспортних засобів станом на 01.12.2020	Інформація про тарифи на перевезення, грн/км станом на 01.12.2020	Розміри партій вантажів, які приймаються, тонн	Середня кількість найманих автомобілів за рік
1	2	3	4	5	6
1. ТОВ «Юрол-Т», м. Київ	Західна Європа, Східна Європа, Україна, Київ	Суцільнометалеві фургони, мікроавтобуси вантажні, маловантажний транспорт, транспорт для збірних вантажів, транспорт для вантажів з АДР. Всього – 300	Договірний в межах 12-27 – збірні вантажі, 22-27 – АДР	0,3-20 т	–
2. ТОВ “Aurora Trans”	Західна Європа, Україна	Тентовані фургони, транспорт для вантажів з АДР Всього – понад 150	Договірний в межах 15-24 – збірні вантажі, 20-28 – АДР	1–20	300
3. RABEN Україна	Західна Європа, Азія	Суцільнометалеві і тентовані фургони, мікроавтобуси вантажні, маловантажний транспорт, транспорт для вантажів з АДР Всього – понад 600	Договірний в межах 15-28	0,5-24	1000
4. EKOL Україна	Західна, східна Європа, Україна	Суцільнометалеві і тентовані фургони, вантажні трали, рефрижератори, мікроавтобуси вантажні, маловантажний транспорт, транспорт для вантажів з АДР Всього – 1200	Відсутня інформація	від 1 тонни	–
5. DB SHENKER УКРАЇНА	Західна, східна Європа, Україна	Тентовані, суцільнометалеві фургони. Всього – понад 300	10–28	від 5 тон	6000

Продовження таблиці Б1

1	2	3	4	5	6
6. СП ТОВ «Авек-Сонора», м. Харків	Західна Європа, Східна Європа, країни Балтії, Україна, Росія, країни СНД	Тенти 82-96 м3, рефрижератори, контейнери, транспорт для збірних вантажів, транспорт для вантажів з АДР Всього – понад 500	5–25	5–20	500
7. СП ТОВ «Астра», м. Львів	Західна Європа, країни Балтії	транспорт для збірних вантажів, транспорт для вантажів з АДР. Всього – 15	20 – тентовані фургони, 27 – АДР	від 10 тонн	–
8. ТОВ «Вітан-Транс» Львівська область	Західна Європа, країни Балтії, Азії	Тентовані фургони Всього – 130	Договорний 12–22	5–20	100
9. ПП «Логістік компані», м. Дніпро	Західна Європа, Україна	тенти 82-96 м3, цільнометалеві фургони, ізотермічні фургони, відкриті та бортові н/п, довгоміри, контейнери, спеціалізована техніка, мікроавтобуси вантажні, маловантажний транспорт, для збірних вантажів, транспорт для АДР	Договорний	від 10 тонн	–
10. ТОВ «Фейрлоджістікс»	Україна	Тентовані фургони 82-96 м3, рефрижератори, ізотермічні фургони, контейнери, транспорт для збірних вантажів, ізотермічні фургони	тент – 28 ізотерм – 60	–	–
11. ТОВ «Європа Транс Агро», м. Івано-Франківськ, м. Київ	Західна Європа, Азія Україна	Тентовані фургони 82-96 м3, цільномета леві фургони: ізотермічні відкриті та бортові н/п, довгоміри, контейнери, для вантажів з АДР Всього – понад 500	договірний	від 15 тонн	–

Продовження таблиці Б1

1	2	3	4	5	6
12. ТОВ «Агротранс Атлантік», м. Київ	Західна Європа, Україна	тенти 82-96 м3, рефрижератори, ізотермічні фургони, контейнери, транспорт для збірних вантажів, транспорт для вантажів з АДР	12-24	1-20	500-700
13. ТОВ «Велес Логістик», м. Київ	Західна Європа, Україна	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони, ізотермічні фургони, відкриті та бортові н/п, довгоміри	Договірний	15-25	–
14. ПРАТ «Гьольнер Експедиція», м. Київ	країн(и) Західної та Східної Європи, країн(и) Скандинавії, Прибалтики, СНД та країни Азії	тентовані, рефрижератори, платформи для перевезення негабаритних вантажів	Договірний	10-25	300-400
15. ТОВ «Кредо Транс ВВ»	відсутні дані	тентовані фургони Всього – понад 200	Договірний	до 20	200-250
16. Транс Вада Логістік, ТОВ, м. Київ	Західна Європа, Україна	тентовані, рефрижератори	7-24	5-24	50-100
17. ТОВ «Firman»	Україна	тентовані, самоскиди, лісовози, спецтехніка	Договірний	відсутні дані	–
18. ТОВ «Транском», м. Київ	Україна	тентовані, рефрижератори, платформи для перевезення негабаритних вантажів	Договірний 12-28	від 5 тонн	до 100
19. ТОВ «TransLife»	Західна Європа, Україна	тентовані, рефрижератори Всього – до 50	Договірний	від 5 тонн	–
20. ТОВ «Агро-Крос»	Західна Європа, Україна	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони, ізотермічні фургони, відкриті та бортові н/п, контейнери Всього – до 50	Договірний	1-25 тонн	200-300
21. АВП-Транс, ТОВ, м. Київ	Україна, західна Європа	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони. Всього – до 150	Договірний	від 0,1 до 10 тонн об’єм – від 0,4 до 55 м3	–

Продовження таблиці Б1

1	2	3	4	5	6
22. ПП «ВМВ Транс», м. Львів	по Україні та всій Європі	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони, ізотермічні фургони, відкриті та бортові н/п, контейнери Всього – до 100	Договорний	від 0,1 тонни	–
23. ТОВ «Ентранс», м. Львів	Україна	Цільнометалеві фургони, ізотермічні фургони	На умовах постійних контрактів	–	–
24. ТОВ «Клас-контакт», м. Львів	Україна	Тентовані фургони Всього – 9	Договірний	дані відсутні	дані відсутні
25. ТОВ «ЛВ-Транс», м. Львів	Західна, Східна Європа, Україна	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони Всього – 150	Договірний 12-24	від 0,1 тонни	400
26. Терра Транс Трейд, ТОВ, м. Львів	Західна Європа, Україна	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони Всього – 20	Договірний	0,1-20 тонн	–
27. Avita, ПП, м. Львів	Західна Європа, Україна, Азія	Рефрижератори Всього – 28	34-60, залежно від відстані	від 10 тонн	–
28. ТОВ «Транс-Сервіс-1, м. Львів, Гайсин, м. Миколаїв, м. Одеса	Західна Європа, Україна, Азія	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони, ізотермічні фургони, відкриті та бортові н/п, самоскиди, цистерни Всього – понад 600	Договірний залежно від вантажу і відстані	від 5 тонн	1200-1500
29. ТОВ «Орлан Транс груп», м. Львів	Західна Європа, Україна, країни Балтії	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони, Всього – 137	Договірний 12-42	від 0,1 тонни	500-600
30. ТОВ «ТЕК Галтранс»	Україна, країни ЄС	Цільнометалеві фургони	Договірний	від 0,1 тонни	–

Продовження таблиці Б1

1	2	3	4	5	6
31. ТОВ «Укртранс», м. Львів	Країни Європи, Україна, Прибалтика, СНГ, Азія, країни Кавказу	Тентовані фургони 82-96 м3, цільнометалеві фургони Всього – до 100	Договірний	від 5 тонн	–
32. ТОВ «Львівська автобаза №1»	Україна, Західна Європа	Тентовані, цільнометалеві фургони, Всього – 16	12-27	від 5 тонн	–
33. Westtrans, ТОВ, м. Львів	Україна, Західна Європа	Тентовані фургони, Всього – 30	Договірний	від 0,1 тонни	Дані відсутні

Додаток В – Результати досліджень тарифів на перевезення вантажів

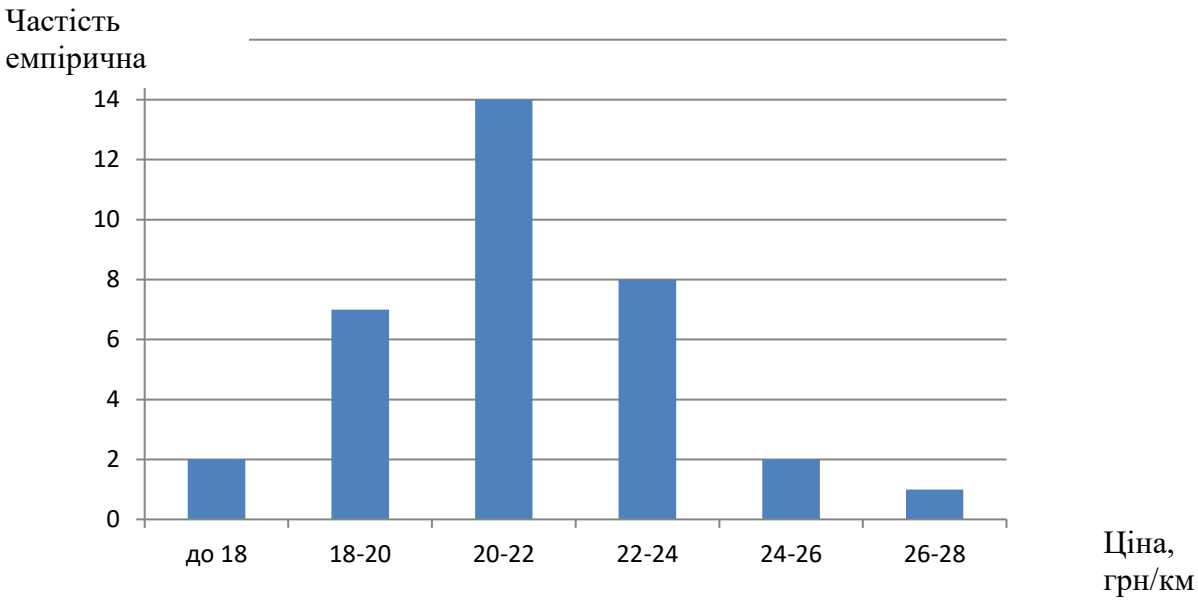


Рисунок В1 – Розподіл тарифів на перевезення вантажів у міжміському сполученні автотранспортними засобами вантажопідйомністю до 20 т

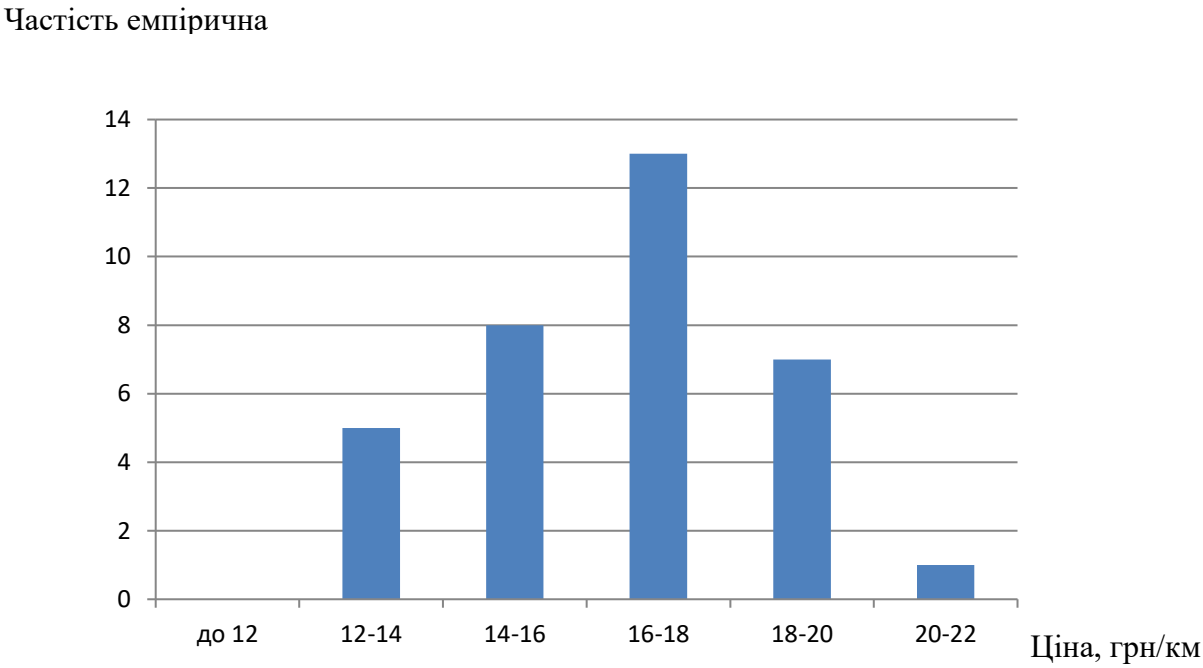


Рисунок В2 – Розподіл тарифів на перевезення вантажів у міжміському сполученні автотранспортними засобами вантажопідйомністю до 10 т

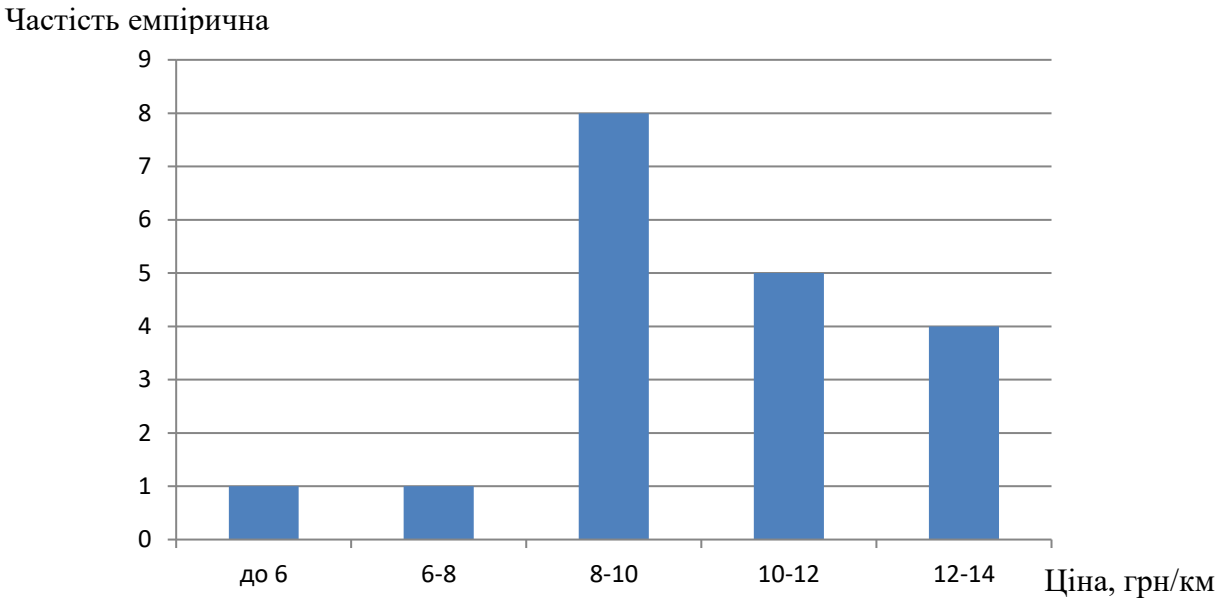


Рисунок В3 – Розподіл тарифів на перевезення вантажів у міжміському сполученні автотранспортними засобами вантажопідйомністю до 5 т

Додаток Д – Розрахунок часових параметрів замовлень

Аналіз динаміки зміни обсягу перевезень у міжміському сполученні проводився на підприємстві ТОВ «ЛВ Транс».

На підприємство для подальшої доставки одержувачам надходять дрібні відправки. У табл. Д1 представлена кількість вантажів X_{ij} в тоннах по місяцях (i=1, 2 ..., 12), що поступає в j-і триденні періоди місяця (j=1, 2 ..., 10). Оскільки загальні обсяги надходжень по місяцях не співвідносяться унаслідок різної кількості днів в них, то кожен місяць умовно приведений до 30 днів: у місяцях, що складаються з 31 дня, один день виключений, а лютий доповнений за рахунок першого дня березня.

Таблиця Д1 − Дані про надходження для перевезень вантажів по підприємству за 2019 рік

Місяць	i	Період j										Середня кількість
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
січень	1	0,0	0,2	1,7	3,0	0,2	2,4	0,6	2,6	0,1	0,7	1,2
лютий	2	0,3	0,5	2,8	6,0	0,1	4,9	1,9	5,1	0,3	1,4	2,3
березень	3	0,1	0,7	5,2	9,0	0,5	7,3	1,7	7,7	0,4	2,1	3,5
квітень	4	0,2	1,4	10,4	18,1	1,0	14,6	3,5	15,3	0,8	4,2	7,0
травень	5	0,2	1,3	9,6	16,6	1,0	13,4	3,2	14,0	0,8	3,8	6,4
червень	6	0,2	1,5	11,0	19,0	1,1	15,3	3,7	16,1	0,9	4,4	7,3
липень	7	0,3	1,7	13,1	22,6	1,3	18,3	4,4	19,1	1,0	5,2	8,7
серпень	8	0,2	1,6	11,8	20,5	1,2	16,6	3,9	17,4	0,9	4,7	7,9
вересень	9	0,2	1,5	10,9	18,9	1,1	15,2	3,6	16,0	0,9	4,4	7,3
жовтень	10	0,1	1,0	7,4	12,8	0,7	10,4	2,5	10,8	0,6	3,0	4,9
листопад	11	0,0	0,2	1,6	2,7	0,2	2,2	0,5	2,3	0,1	0,6	1,0
грудень	12	0,0	0,1	1,0	1,7	0,1	1,3	0,3	1,4	0,1	0,4	0,6

Ці дані наведені на діаграмі (рис. Д1).

Ступінь розсіювання випадкової величини характеризується її дисперсією. Є завдання порівняти вибіркові дисперсії. Основне питання, що з'ясовується при цьому, − чи можна вважати порівнювані вибіркові дисперсії дисперсіями однієї і тією ж генеральною сукупністю.

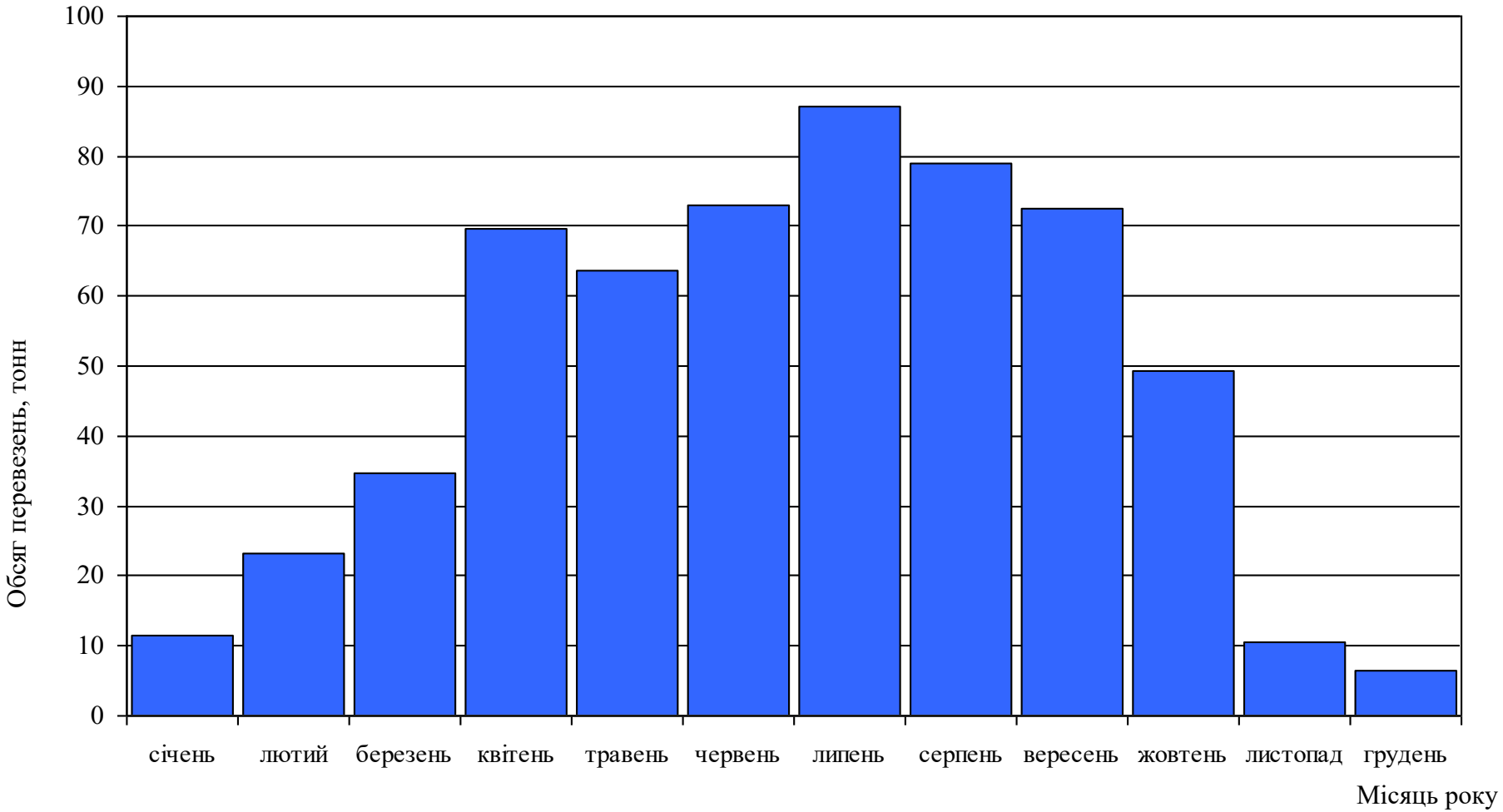


Рисунок Д1 – Часові ряди обсягів перевезення вантажів за 2019 рік

Частинні незміщені оцінки дисперсії S_1^2, S_2^2,… S_k^2 для кожної малої вибірки визначаються по формулі:

$$S_i^2 = \frac{1}{f_i - 1}\left(\sum_{j=1}^{f_i} x_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^{f_i} x_{ij} \right)^2}{f_i} \right), \qquad (Д.1)$$

де x_{ij} − кількість вантажів в *i*-й вибірці;

i=l, 2 ..., *k* для кожного *j*-го періоду (j = 1, 2 ..., k);

f_i − об'єм частинних вибірок.

За формулою (Д.1) обчислюємо, що числові значення частинних незміщених дисперсій для місяців року становлять, відповідно: 1 − 1,3; 2 − 5,1; 3 − 12,0; 5 − 48,2; 6 − 40,4; 7 − 53,1; 8 − 75,3; 9 − 61,9; 10 − 52,3; 11 − 1,1; 12 − 0,4. Загальна дисперсія всіх спостережень дорівнює середньозваженому значенню частинних дисперсій (як ваги беруться міри свободи):

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} (f_i - 1) S_i^2}{f_1 + f_2 + \ldots + f_k}, \qquad (Д.2)$$

$$S^2 = 375{,}1.$$

Оскільки міри свободи у вибірках рівні між собою (кількість періодів в кожному місяці − 3), для порівняння дисперсій використано критерій Кохрена:

$$G_{kf} = \frac{\max S_i^2}{S_1^2 + S_2^2 + \ldots + S_k^2}, \qquad (Д.3)$$

$$G_{kf} = 0{,}2006.$$

Розподіл G_{kf} залежить тільки від кількості частинних вибірок *k* і числа мір свободи, по яких визначена кожна дисперсія *S*. Вибираємо квантилі G_{kf} для *p* = 0,05 і 0,01. Якщо знайдене по заданих дисперсіях значення G_{kf} більше, ніж G_p, то розбіжність між дисперсіями слід вважати значущою.

У даному аналізі *G* = 0,2006. По таблицях довідника [41] знаходимо:

$G_{1\text{-p}}$= 0,2419 >G_{kf}. Це означає, що в 1 %-й зоні істотності розбіжність між дисперсіями є незначущою. Проте в 5 %-й зоні істотності, для якої $G_{1\text{-p}=0,95} = < G_{kf}$, розбіжність слід вважати значущою.

При статистичній оцінці результатів найбільш важливим є порівняння середніх значень. Використовуючи розподіл Стьюдента, можна отримати довірчу оцінку середнього для малої вибірки. Гіпотеза про рівність середніх *n*-ї і *m*-ї вибірок відкидається при двосторонньому критерії:

$$\left|\bar{x}_n - \bar{x}_m\right| \geq t_{1-p/2} S \sqrt{\frac{1}{f_n} + \frac{1}{f_m}}, \qquad (Д.4)$$

де S − середньозважена дисперсія двох вибірок, визначувана по формулі (Д.3);

$t_{1-p/2}$ − квантиль розподілу Стьюдента, який приймається з урахуванням довірчої ймовірності 0,05, або 0,1.

У даному випадку найбільша середня величина обсягів вантажів характерна для місяця липень *(*x_n = 8,70 т), а найменша — грудень (x_m = 0,64 т). Оцінимо різницю між ними за допомогою розподілу Стьюдента (при t = 2,55) .

$$\left|\bar{x}_n - \bar{x}_m\right| = 8{,}1 > t_{1-p/2} S \sqrt{\frac{1}{f_n} + \frac{1}{f_m}} = 6{,}7 \text{ т.}$$

Отже, навіть при 5 %-му рівні значущості різниця між середніми обсягами перевезень в цих двох місяцях є незначущою. Відповідні відхилення середніх обсягів вантажів, що поступають в різні місяці, в тоннах при 1%-му рівні значущості повинні розглядатися не як сезонна зміна, а як результат варіювання випадкової величини (обсяги вантажів, що поступають). Оскільки для будь-якої іншої пари вибірок (місяців) різниця середніх значень є меншою, то порівнювати їх немає необхідності. Якщо об'єми вимог на перевезення істотно варіюють під впливом чинників, які не піддаються попередньому врахуванню, то практичний інтерес представляє аналіз розподілу загальних об'ємів вимог протягом періодів, коли потік вимог може розглядатися як стаціонарний.

Додаток Е – Розв’язування задач структурної оптимізації прикладним пакетом SOLVER

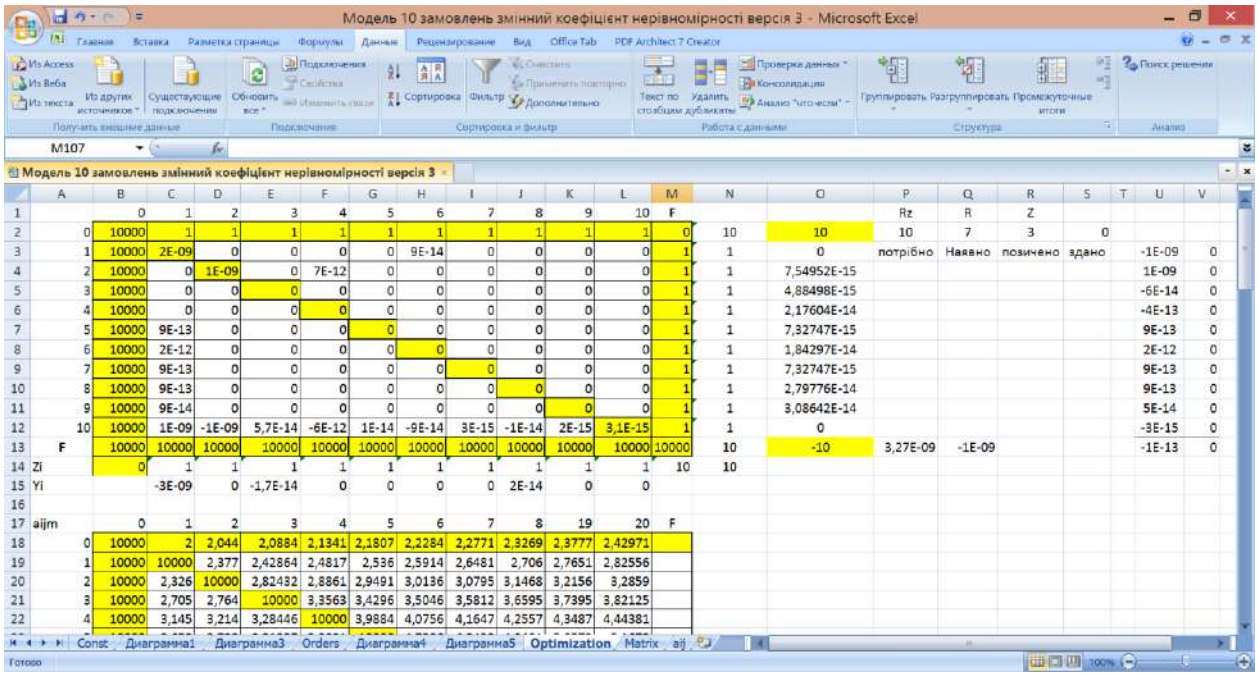


Рисунок Е1 – Початкові дані (матриця перевезень) для оптимізації структури транспортного процесу

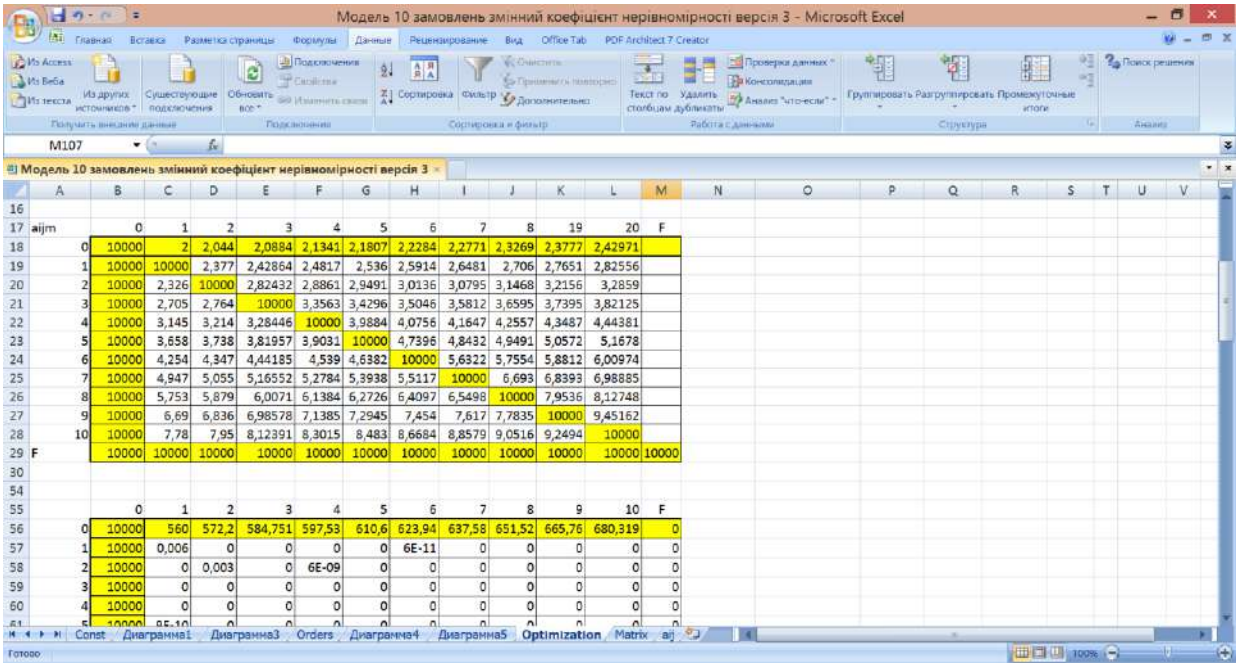


Рисунок Е2 – Початкові дані (матриця відстаней) для оптимізації структури транспортного процесу

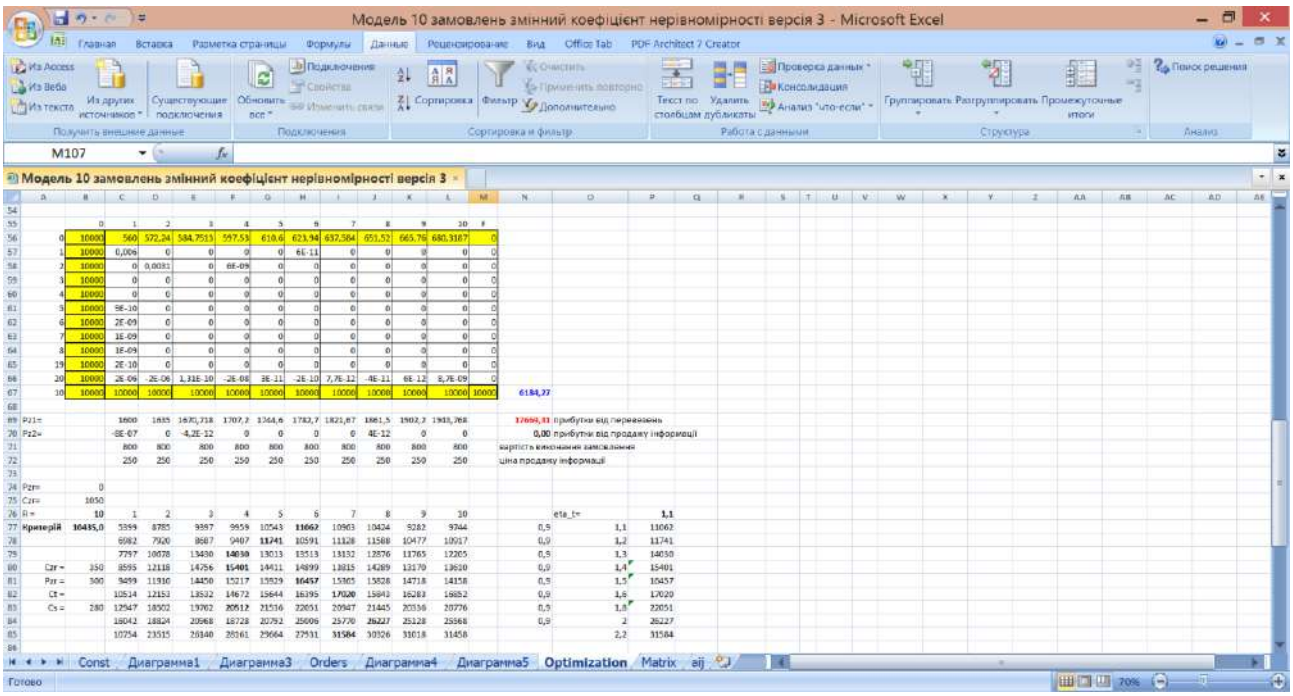


Рисунок Е3 – Результати оптимізації (матриця оптимальної структури транспортного процесу)

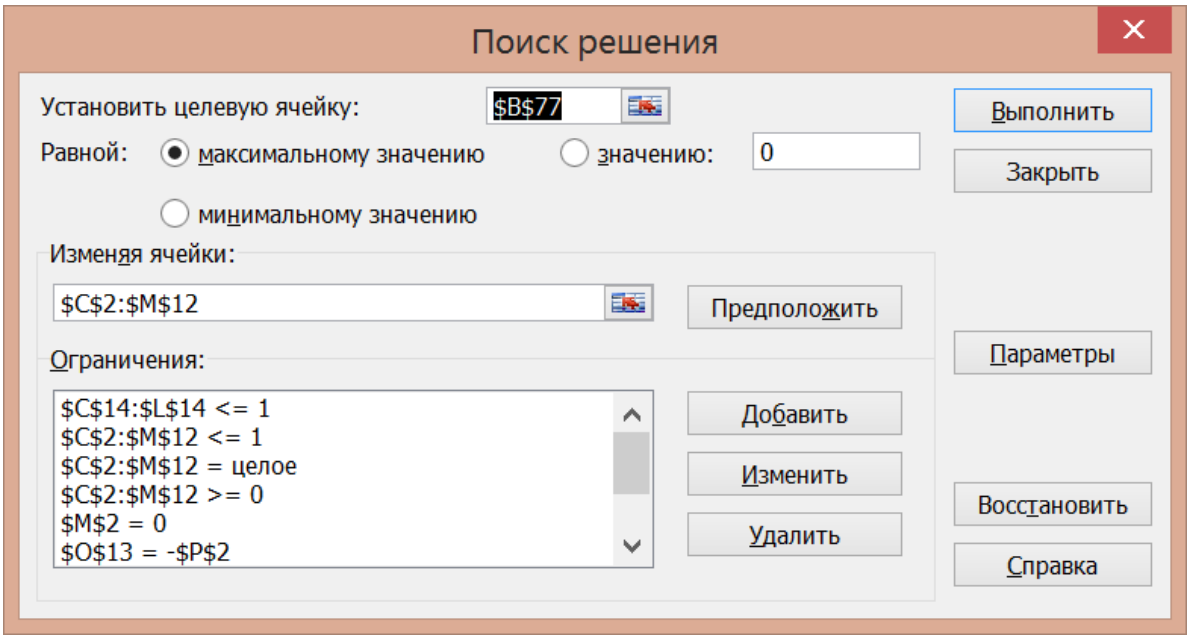


Рисунок Е4 – Діалогове вікно умов задачі оптимізації

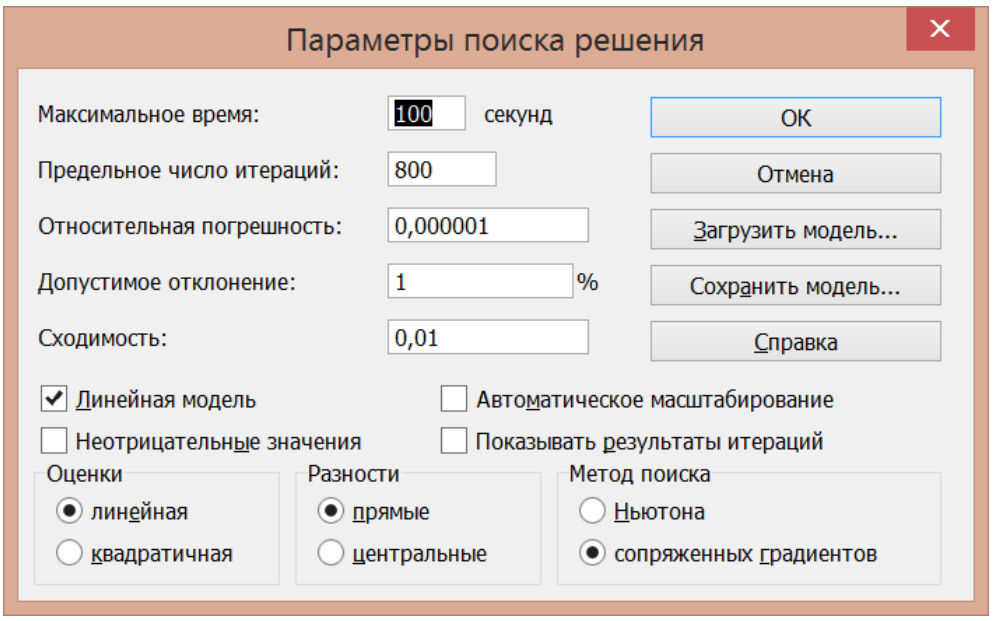


Рисунок Е5 – Діалогове вікно параметрів задачі оптимізації

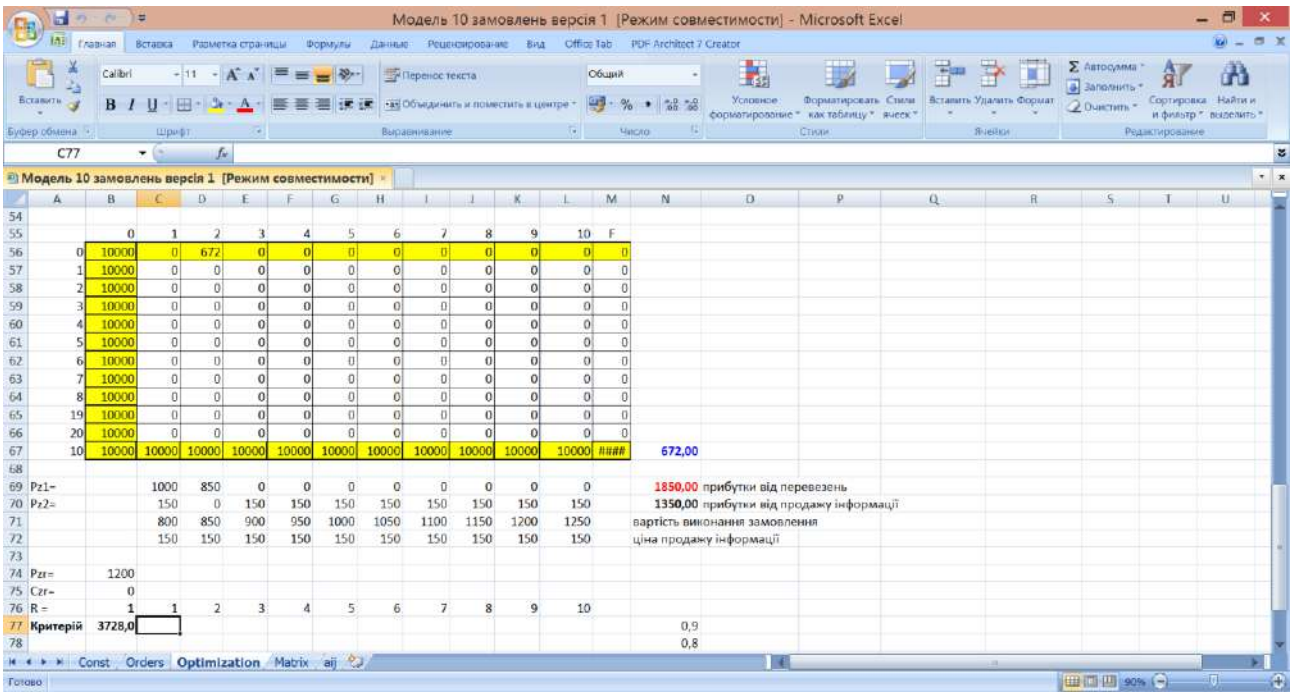


Рисунок Е6 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=1

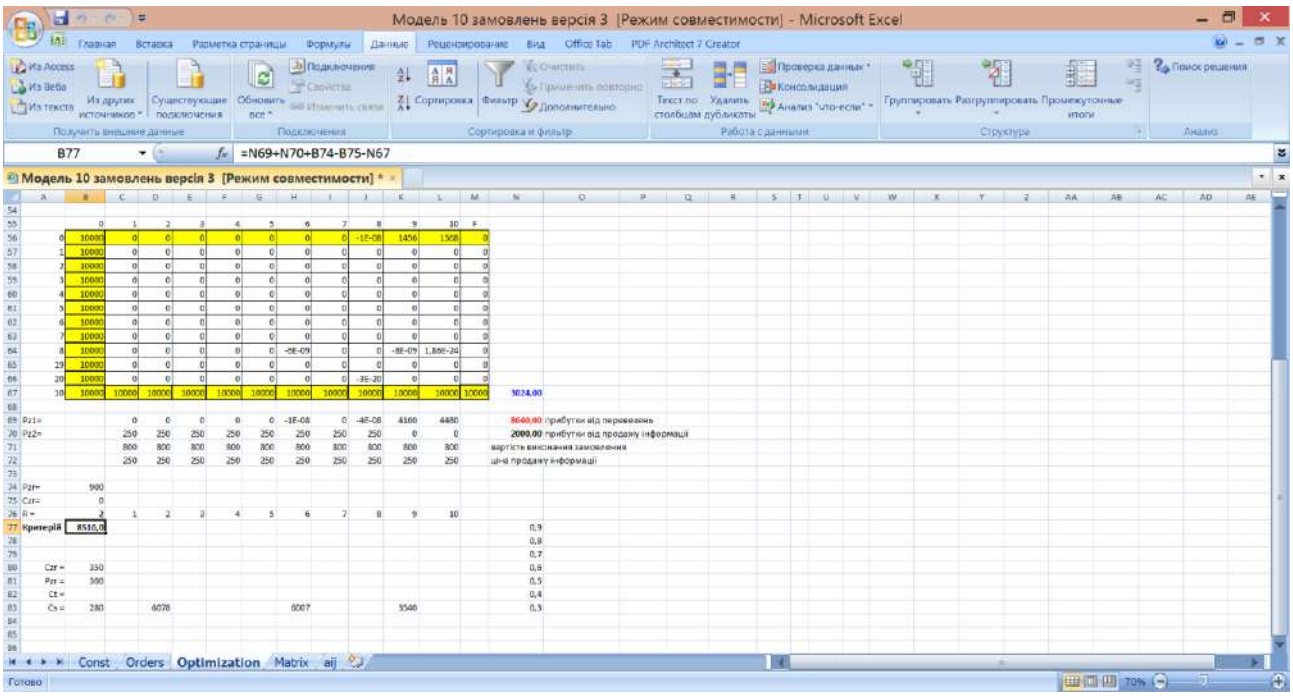


Рисунок Е7 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=2

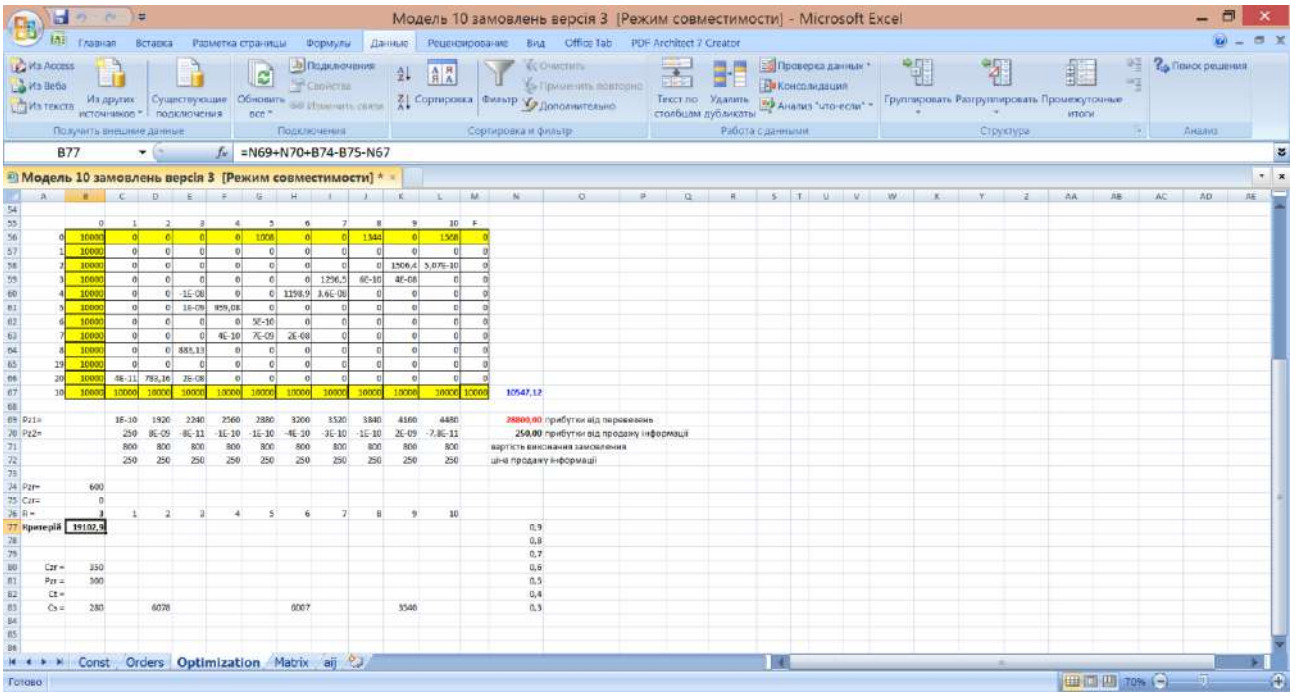


Рисунок Е8 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=3

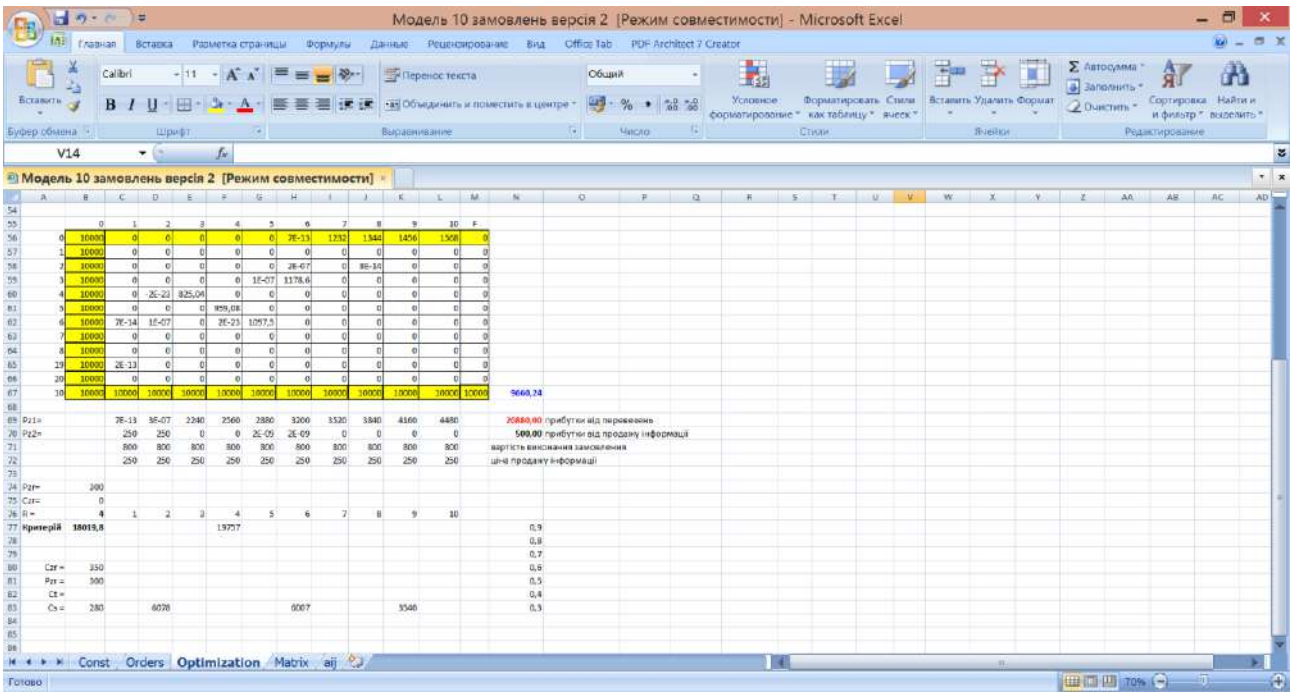


Рисунок Е9 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=4

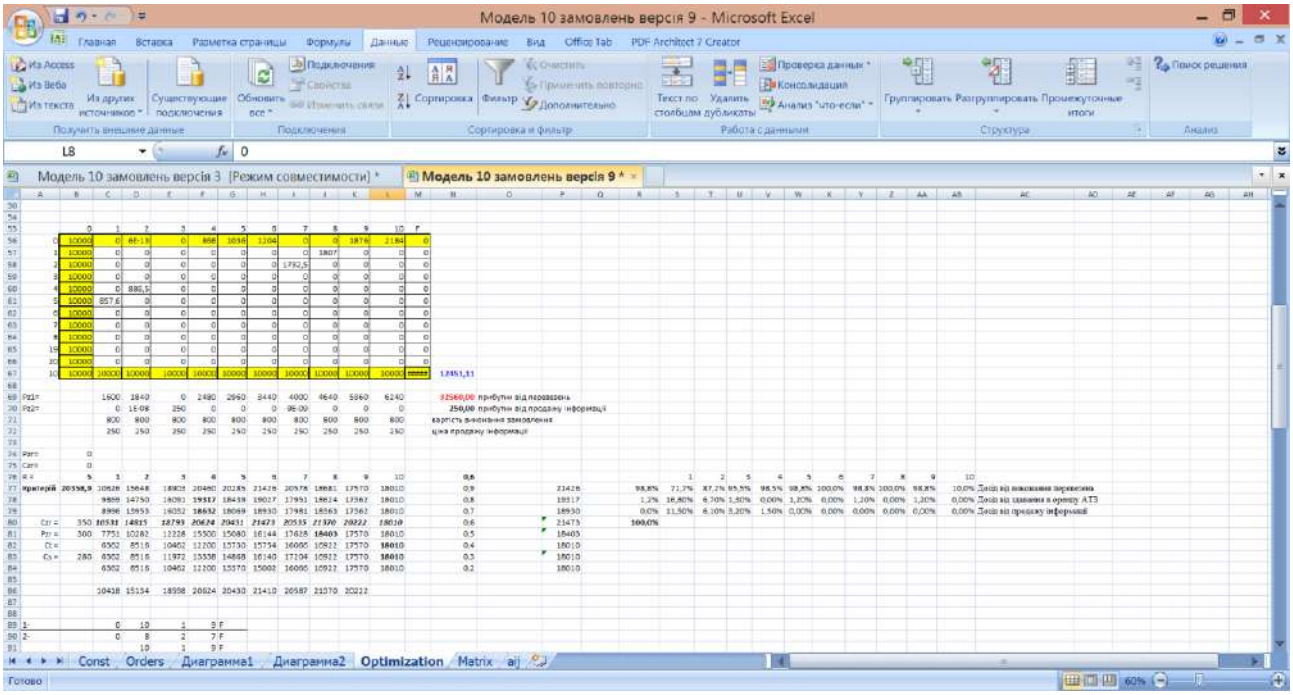


Рисунок Е10 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=5

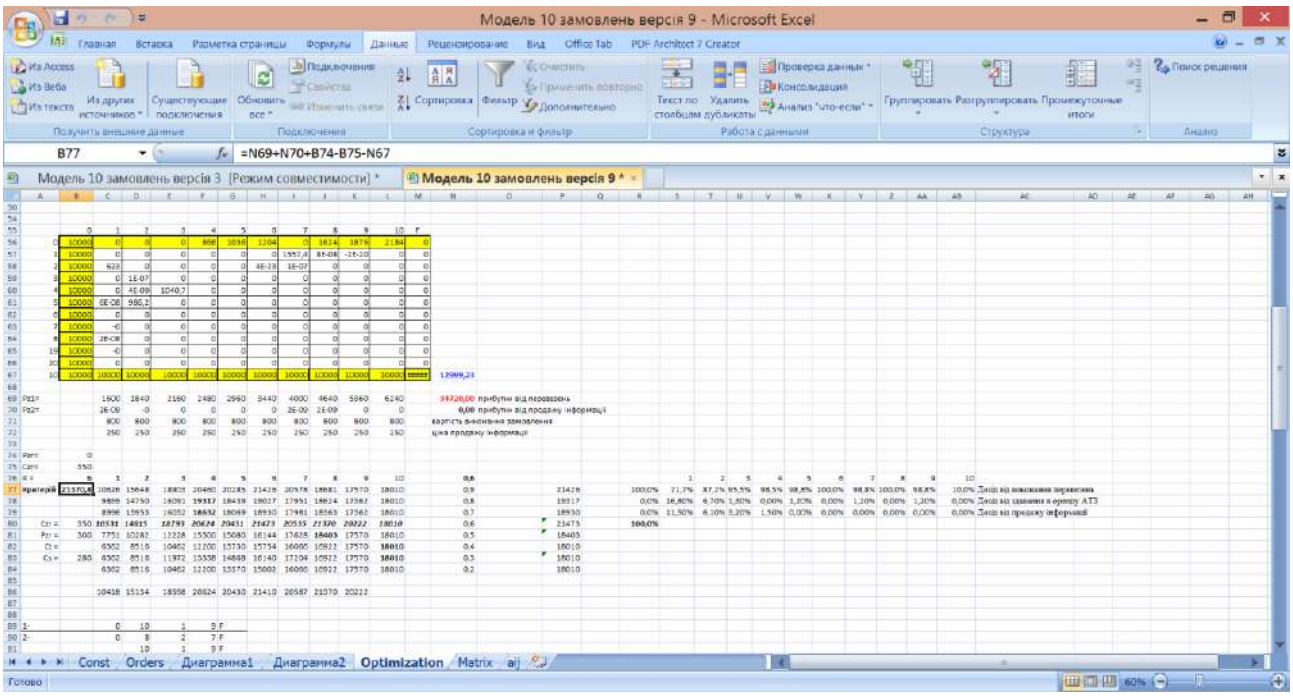


Рисунок Е11 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=6

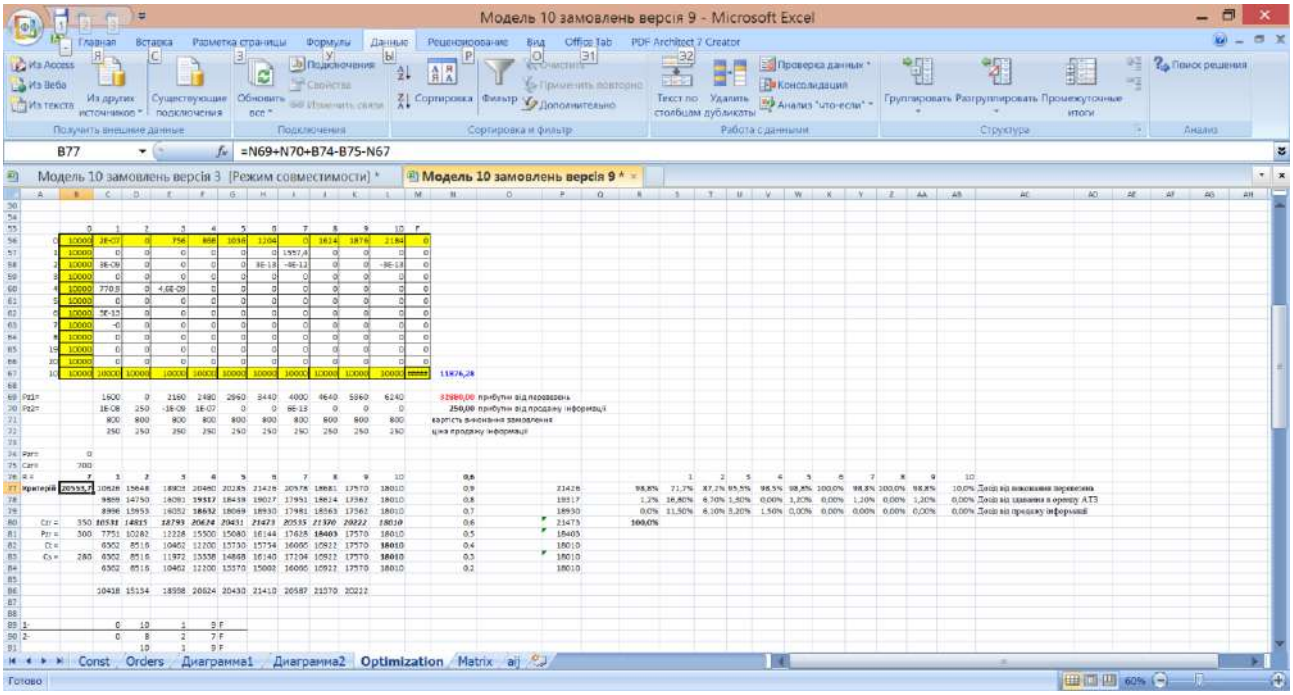


Рисунок Е12 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=7

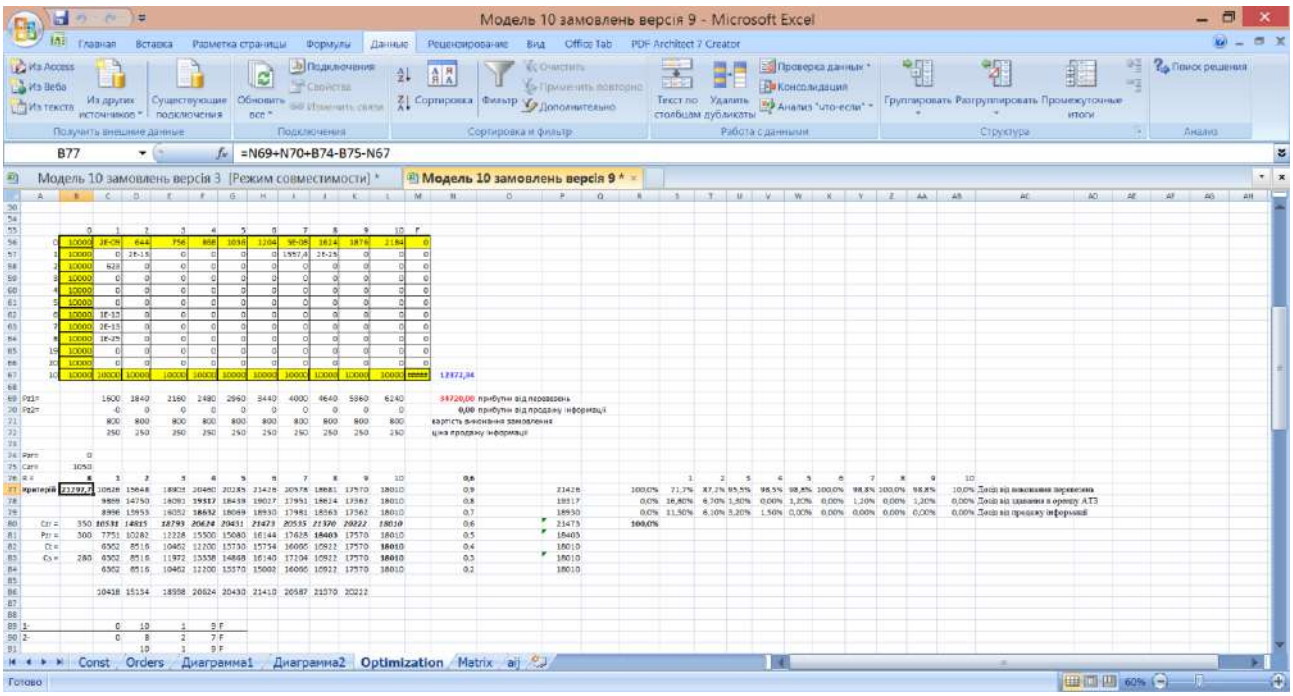


Рисунок Е13 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=8

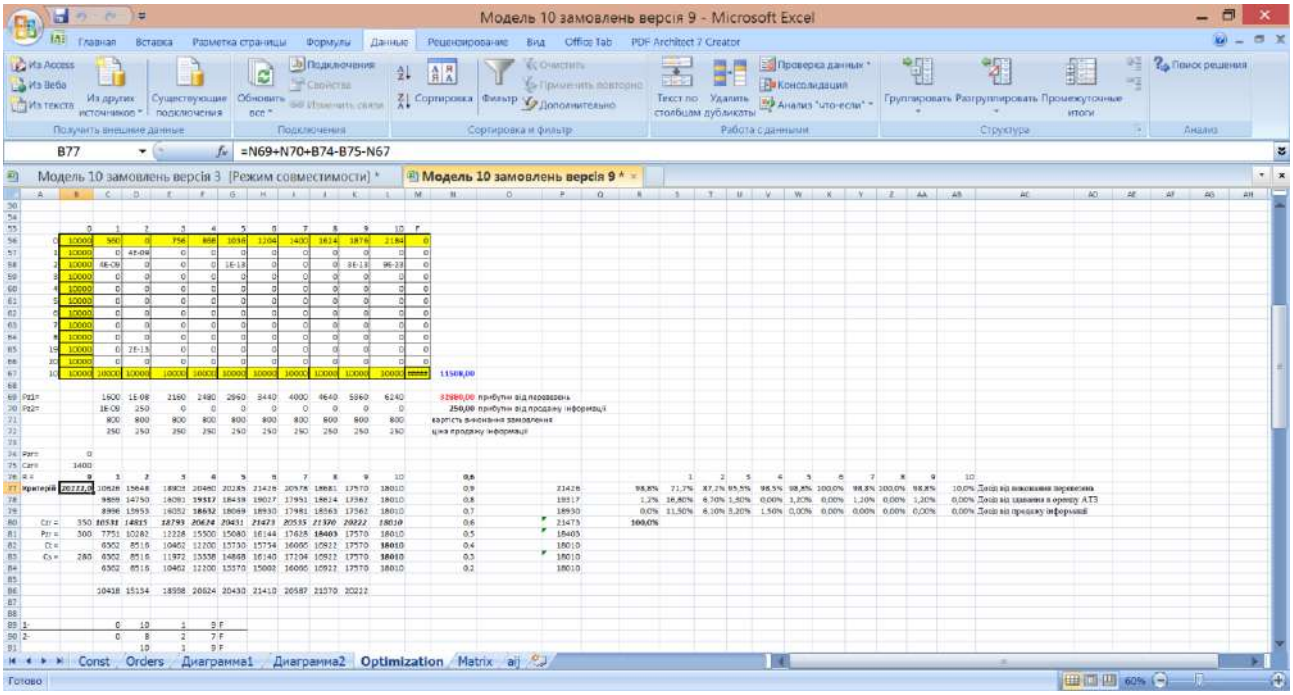


Рисунок Е14 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=9

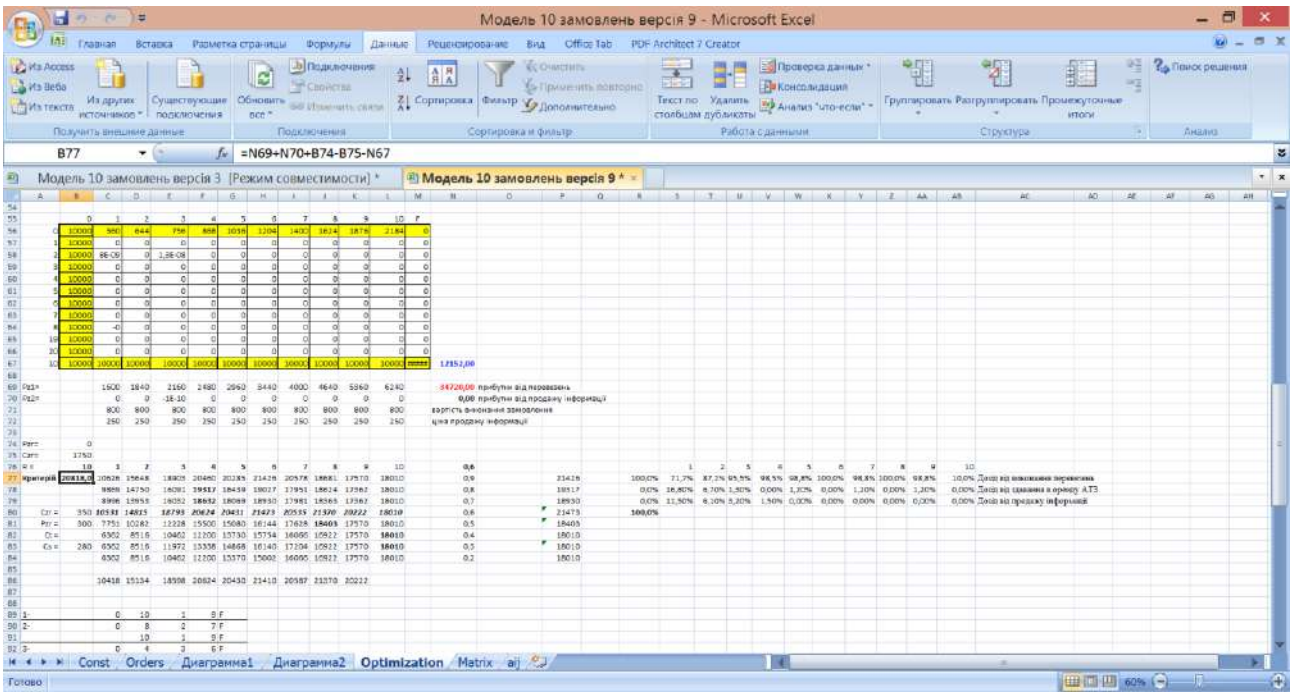


Рисунок Е15 – Результати оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості автотранспортних засобів R=10

Додаток Є – Аналіз потоку замовлень і його виконання

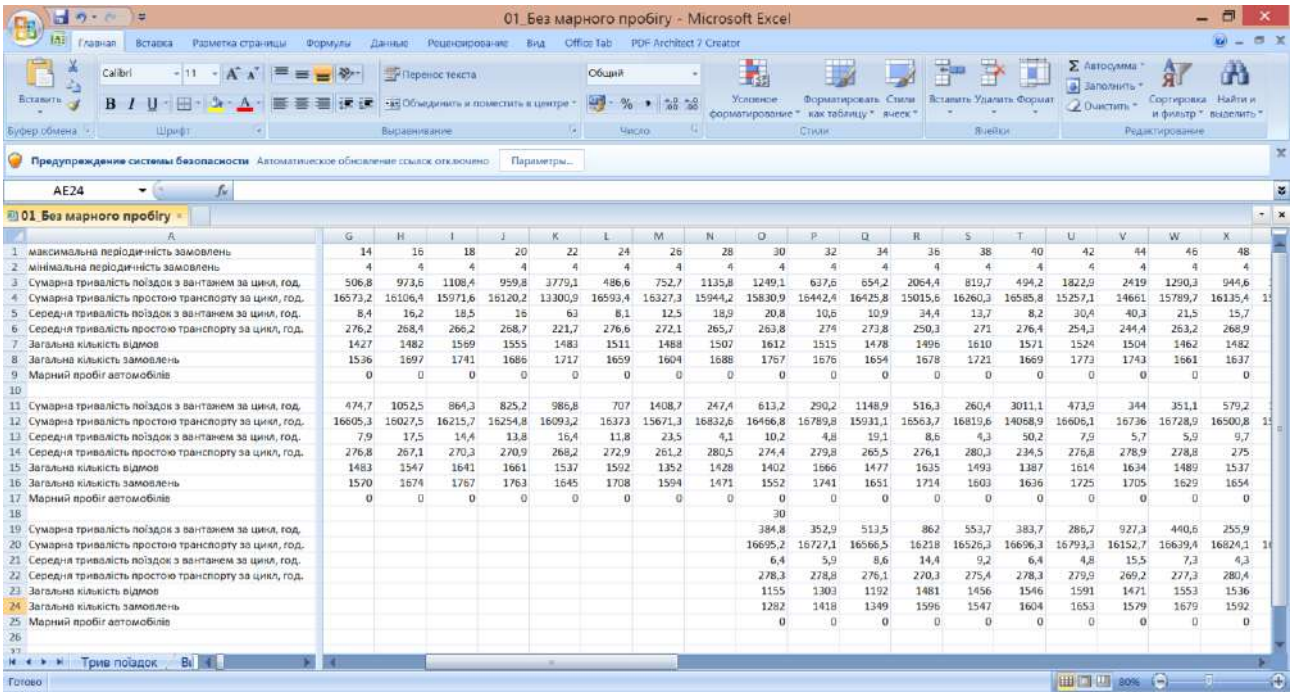


Рисунок Є1 – Фрагмент початкових даних та аналізу потоку замовлень при стратегії обслуговування №1 (без порожнього пробігу АТЗ): дані стосовно циклів №14-48

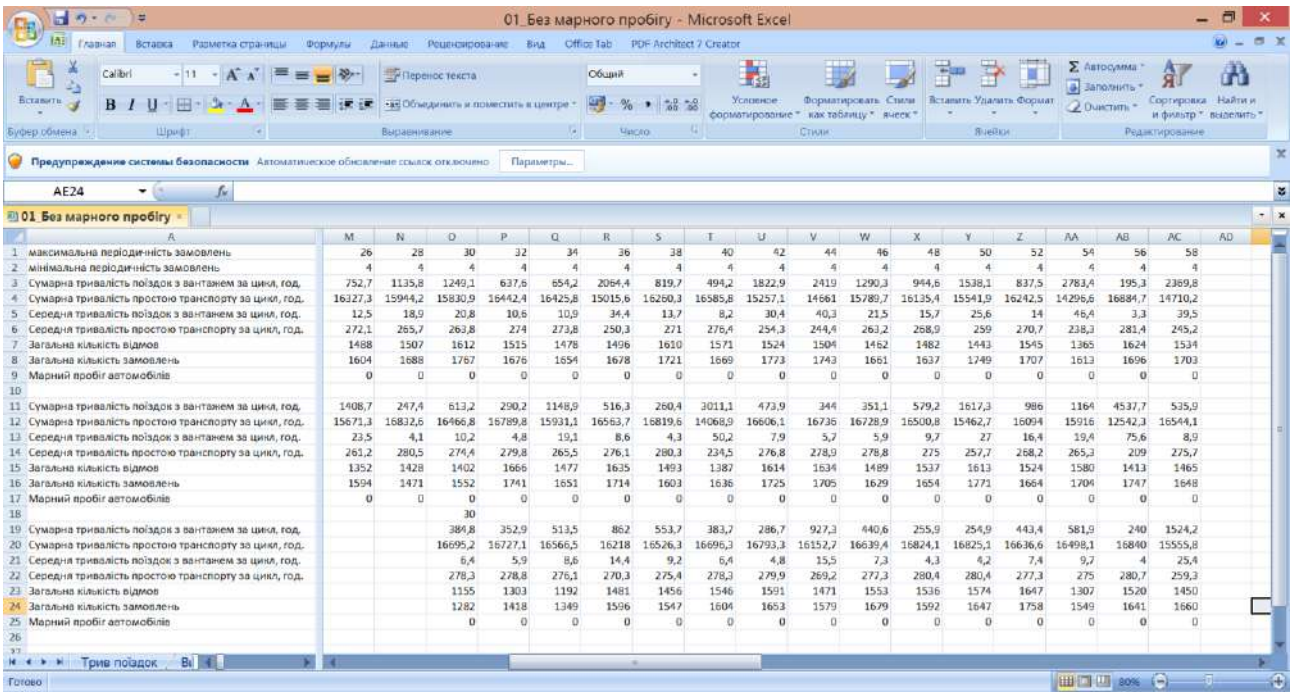
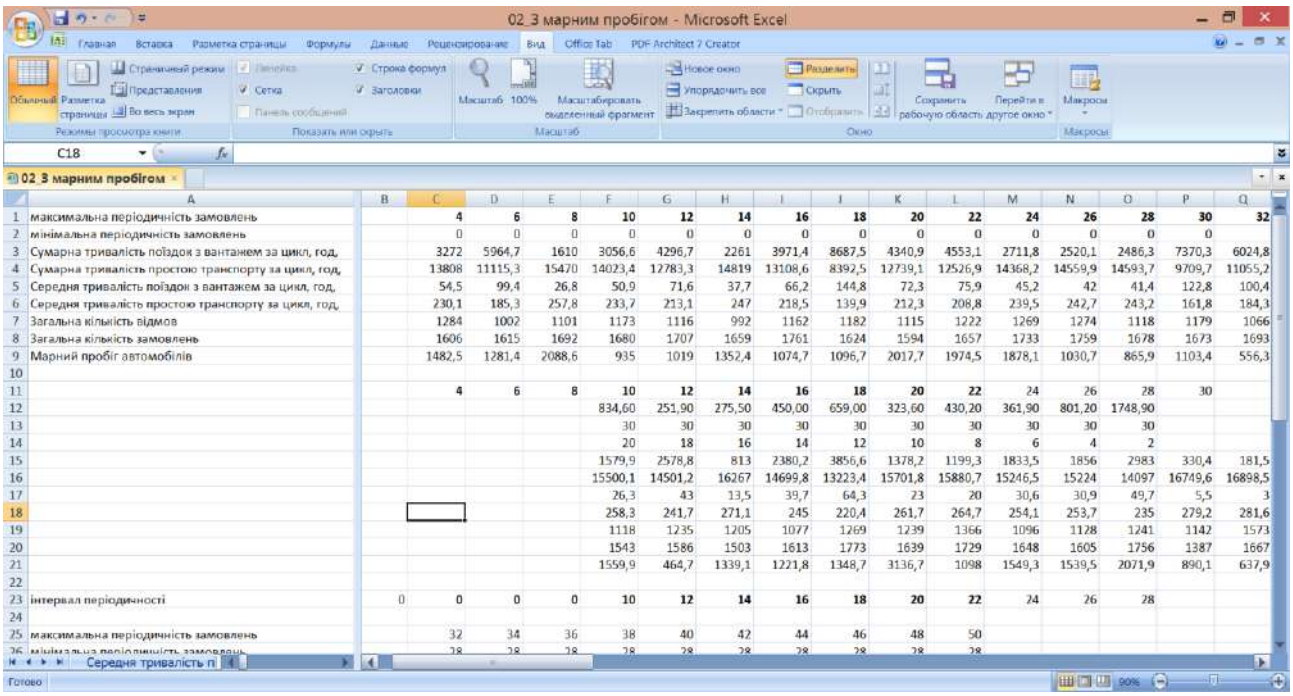
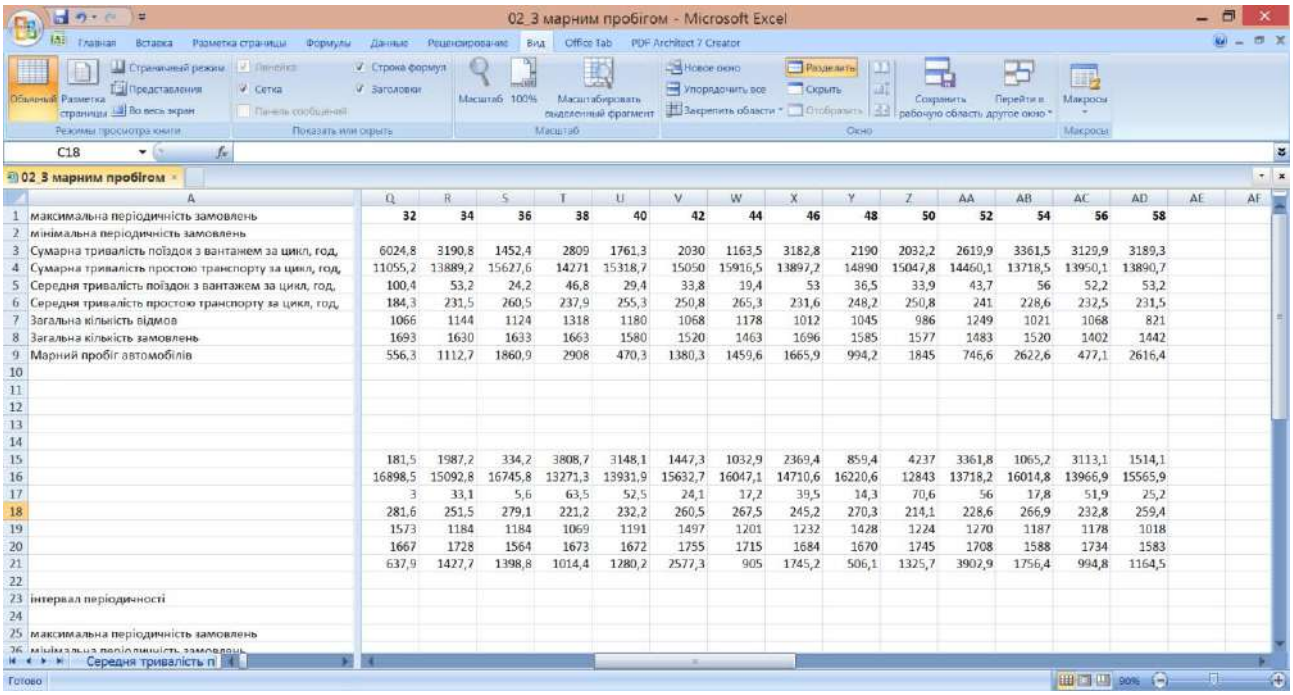


Рисунок Є2 – Фрагмент початкових даних та аналізу потоку замовлень при стратегії обслуговування №1 (без порожнього пробігу АТЗ): дані стосовно циклів №26-58



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	максимальна періодичність замовлень		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
2	мінімальна періодичність замовлень		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Сумарна тривалість поїздок з вантажем за цикл, год,		3272	5964,7	1610	3056,6	4296,7	2261	3971,4	8687,5	4340,9	4553,1	2711,8	2520,1	2486,3	7370,3	6024,8
4	Сумарна тривалість простою транспорту за цикл, год,		13808	11115,3	15470	14023,4	12783,3	14819	13108,6	8392,5	12739,1	12526,9	14368,2	14559,9	14593,7	9709,7	11055,2
5	Середня тривалість поїздок з вантажем за цикл, год,		54,5	99,4	26,8	50,9	71,6	37,7	66,2	144,8	72,3	75,9	45,2	42	41,4	122,8	100,4
6	Середня тривалість простою транспорту за цикл, год,		230,1	185,3	257,8	233,7	213,1	247	218,5	139,9	212,3	208,8	239,5	242,7	243,2	161,8	184,3
7	Загальна кількість відмов		1284	1002	1101	1173	1116	992	1162	1182	1115	1222	1269	1274	1118	1179	1066
8	Загальна кількість замовлень		1606	1615	1692	1680	1707	1659	1761	1624	1594	1657	1733	1759	1678	1673	1693
9	Марний пробіг автомобілів		1482,5	1281,4	2088,6	935	1019	1352,4	1074,7	1096,7	2017,7	1974,5	1878,1	1030,7	865,9	1103,4	556,3
10																	
11			4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
12						834,60	251,90	275,50	450,00	659,00	323,60	430,20	361,90	801,20	1748,90		
13						30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
14						20	18	16	14	12	10	8	6	4	2		
15						1579,9	2578,8	813	2380,2	3856,6	1378,2	1199,3	1833,5	1856	2983	330,4	181,5
16						15500,1	14501,2	16267	14699,8	13223,4	15701,8	15880,7	15246,5	15224	14097	16749,6	16898,5
17						26,3	43	13,5	39,7	64,3	23	20	30,6	30,9	49,7	5,5	3
18						258,3	241,7	271,1	245	220,4	261,7	264,7	254,1	253,7	235	279,2	281,6
19						1118	1235	1205	1077	1269	1239	1366	1096	1128	1241	1142	1573
20						1543	1586	1503	1613	1773	1639	1729	1648	1605	1756	1387	1667
21						1559,9	464,7	1339,1	1221,8	1348,7	3136,7	1098	1549,3	1539,5	2071,9	890,1	637,9
22																	
23	інтервал періодичності	0	0	0	0	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28		
24																	
25	максимальна періодичність замовлень		32	34	36	38	40	42	44	46	48	50					

Рисунок Є3 – Фрагмент початкових даних та аналізу потоку замовлень при стратегії обслуговування№2 (з порожнім пробігом АТЗ): дані циклів № 4-32



	A	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	максимальна періодичність замовлень	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58		
2	мінімальна періодичність замовлень																
3	Сумарна тривалість поїздок з вантажем за цикл, год,	6024,8	3190,8	1452,4	2809	1761,3	2030	1163,5	3182,8	2190	2032,2	2619,9	3361,5	3129,9	3189,3		
4	Сумарна тривалість простою транспорту за цикл, год,	11055,2	13889,2	15627,6	14271	15318,7	15050	15916,5	13897,2	14890	15047,8	14460,1	13718,5	13950,1	13890,7		
5	Середня тривалість поїздок з вантажем за цикл, год,	100,4	53,2	24,2	46,8	29,4	33,8	19,4	53	36,5	33,9	43,7	56	52,2	53,2		
6	Середня тривалість простою транспорту за цикл, год,	184,3	231,5	260,5	237,9	255,3	250,8	265,3	231,6	248,2	250,8	241	228,6	232,5	231,5		
7	Загальна кількість відмов	1066	1144	1124	1318	1180	1068	1178	1012	1045	986	1249	1021	1068	821		
8	Загальна кількість замовлень	1693	1630	1633	1663	1580	1520	1463	1696	1585	1577	1483	1520	1402	1442		
9	Марний пробіг автомобілів	556,3	1112,7	1860,9	2908	470,3	1380,3	1459,6	1665,9	994,2	1845	746,6	2622,6	477,1	2616,4		
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15		181,5	1987,2	334,2	3808,7	3148,1	1447,3	1032,9	2369,4	859,4	4237	3361,8	1065,2	3113,1	1514,1		
16		16898,5	15092,8	16745,8	13271,3	13931,9	15632,7	16047,1	14710,6	16220,6	12843	13718,2	16014,8	13966,9	15565,9		
17		3	33,1	5,6	63,5	52,5	24,1	17,2	39,5	14,3	70,6	56	17,8	51,9	25,2		
18		281,6	251,5	279,1	221,2	232,2	260,5	267,5	245,2	270,3	214,1	228,6	266,9	232,8	259,4		
19		1573	1184	1184	1069	1191	1497	1201	1232	1428	1224	1270	1187	1178	1018		
20		1667	1728	1564	1673	1672	1755	1715	1684	1670	1745	1708	1588	1734	1583		
21		637,9	1427,7	1398,8	1014,4	1280,2	2577,3	905	1745,2	506,1	1325,7	3902,9	1756,4	994,8	1164,5		
22																	
23	інтервал періодичності																
24																	
25	максимальна періодичність замовлень																

Рисунок Є4 – Фрагмент початкових даних та аналізу потоку замовлень при стратегії обслуговування №2 (з порожнім пробігом АТЗ): дані циклів № 32-58

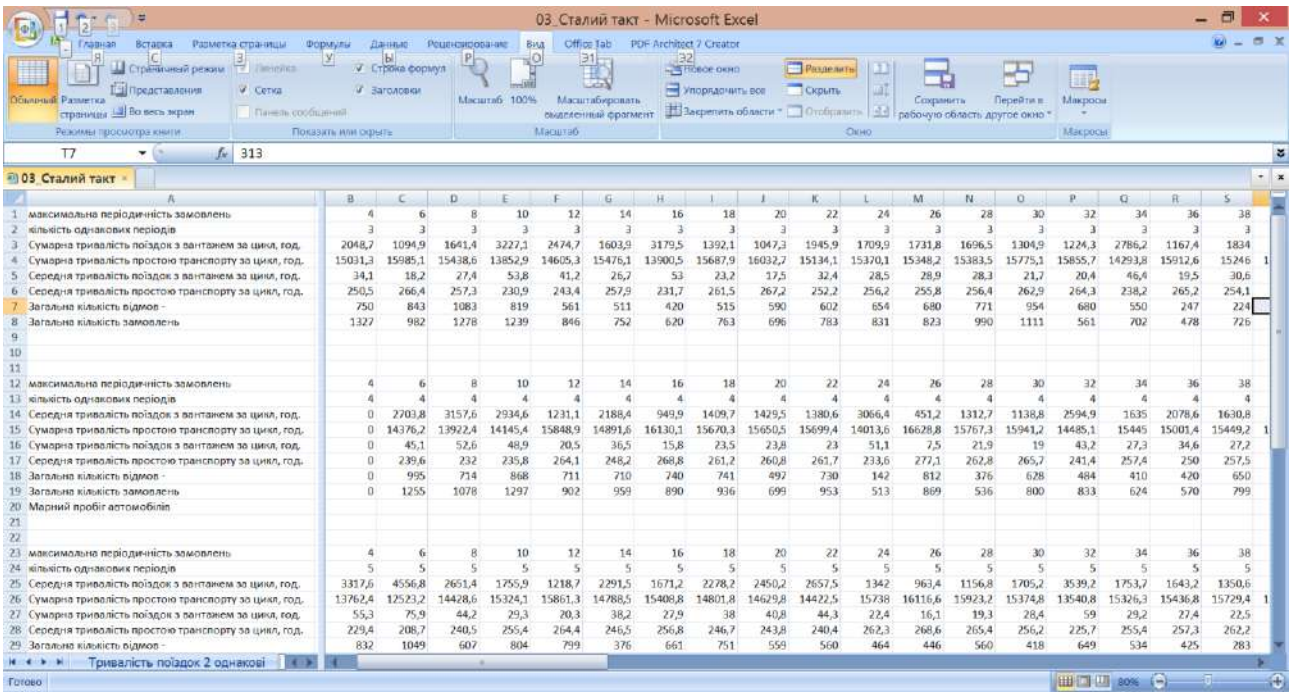


Рисунок Є5 – Фрагмент початкових даних та аналізу потоку замовлень при стратегії обслуговування №3 (з порожнім пробігом АТЗ і прогнозуванням замовлень на сталий період): дані циклів №4-38 при різній кількості однакових періодів циклу прогнозування, відповідно, 3, 4, 5

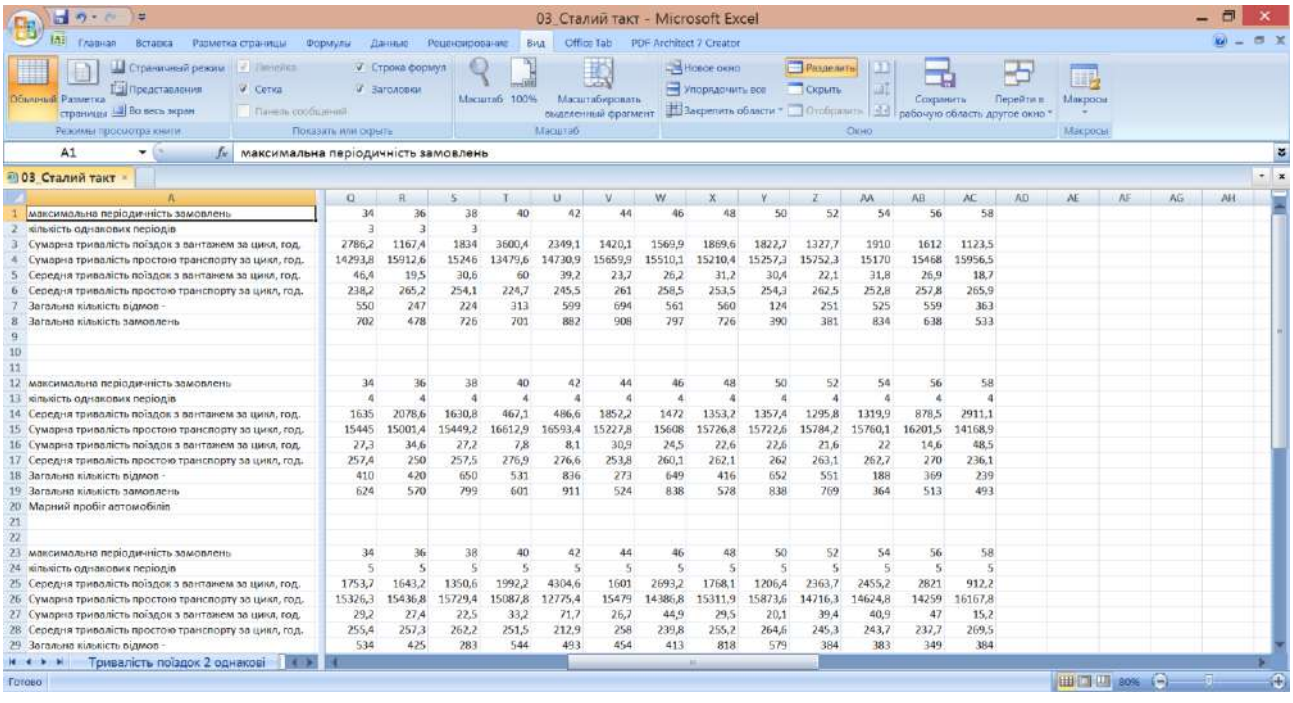


Рисунок Є6 – Фрагмент початкових даних та аналізу потоку замовлень при стратегії обслуговування №3 (з порожнім пробігом АТЗ і прогнозуванням замовлень на сталий період): дані циклів № 34-58 при різній кількості однакових періодів циклу прогнозування, відповідно, 3, 4, 5

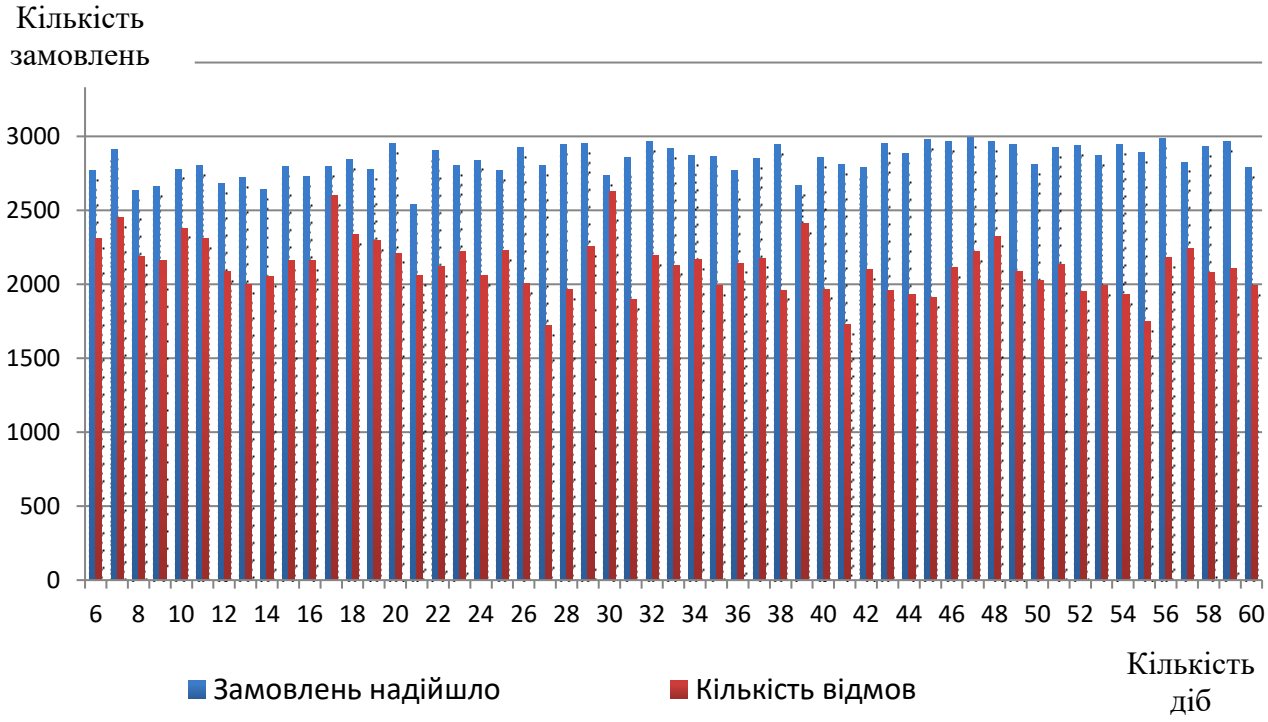


Рисунок Є7 – Вхідні дані по кількості замовлень і відмов

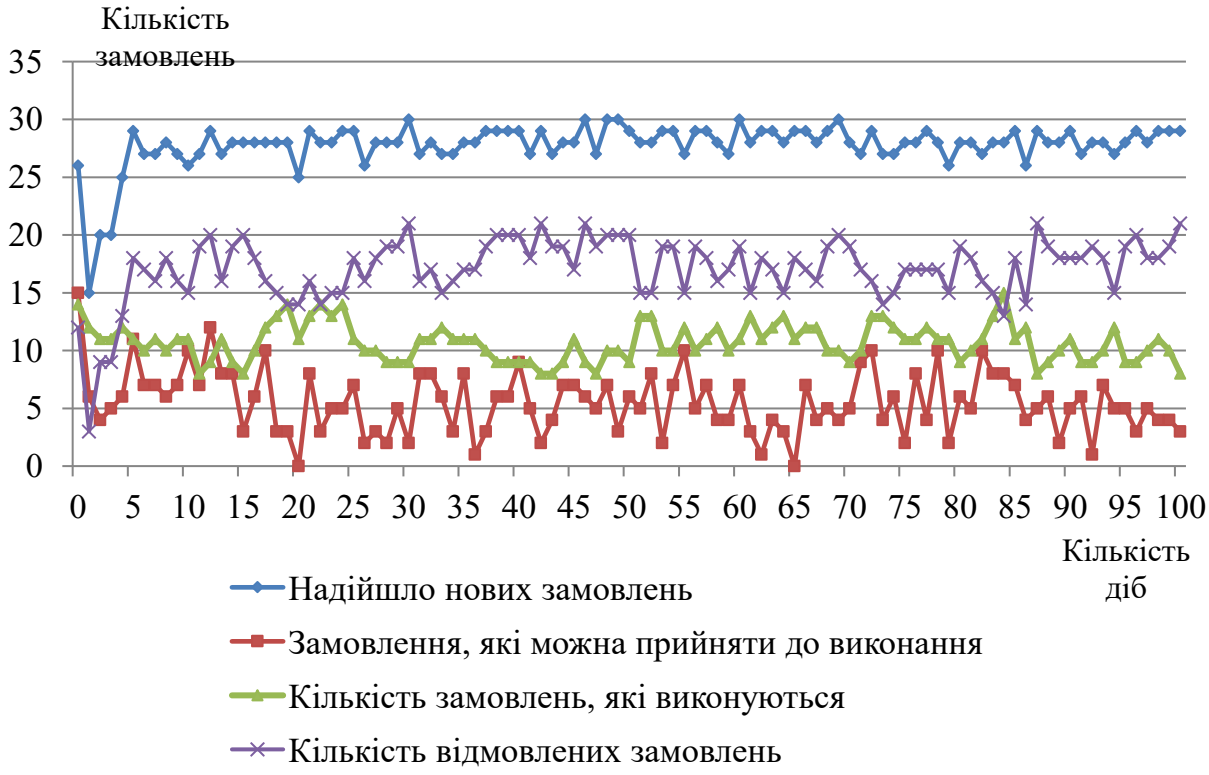


Рисунок Є8 – Вхідні дані по обслуговуванню замовлень підприємством

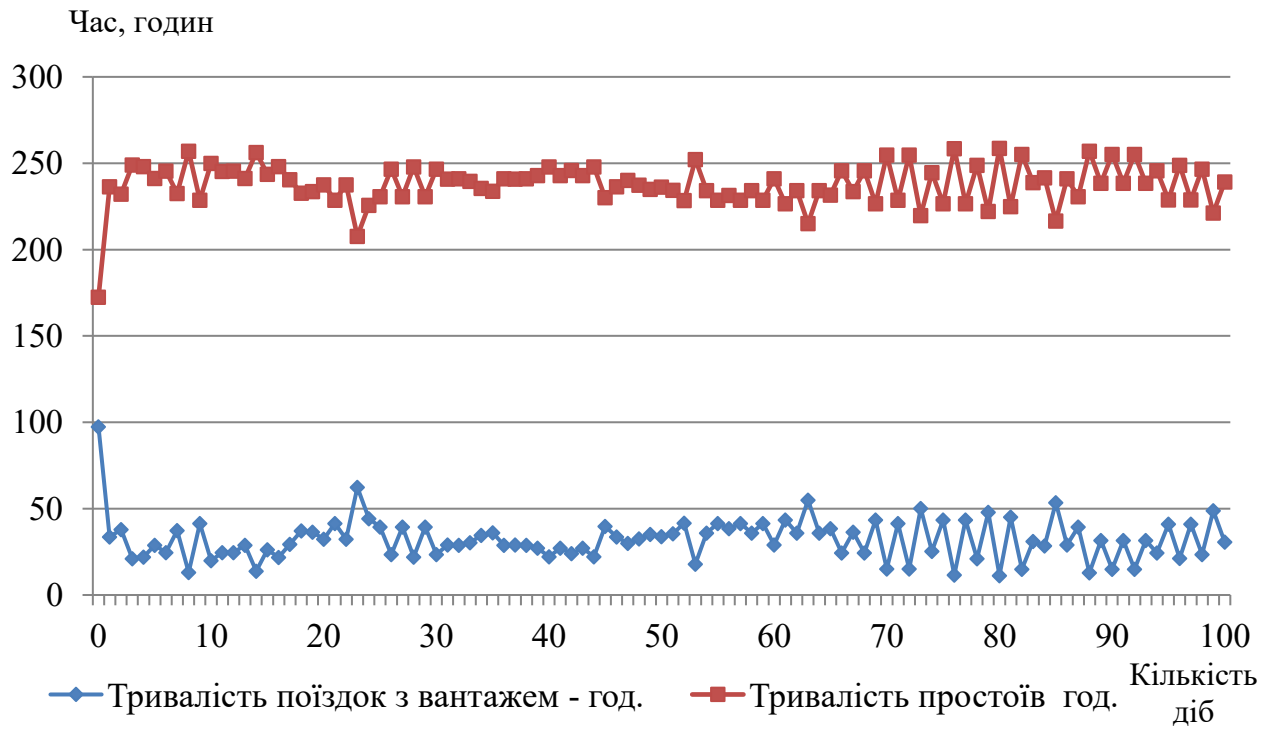


Рисунок Є9 – Дані по обслуговуванню замовлень

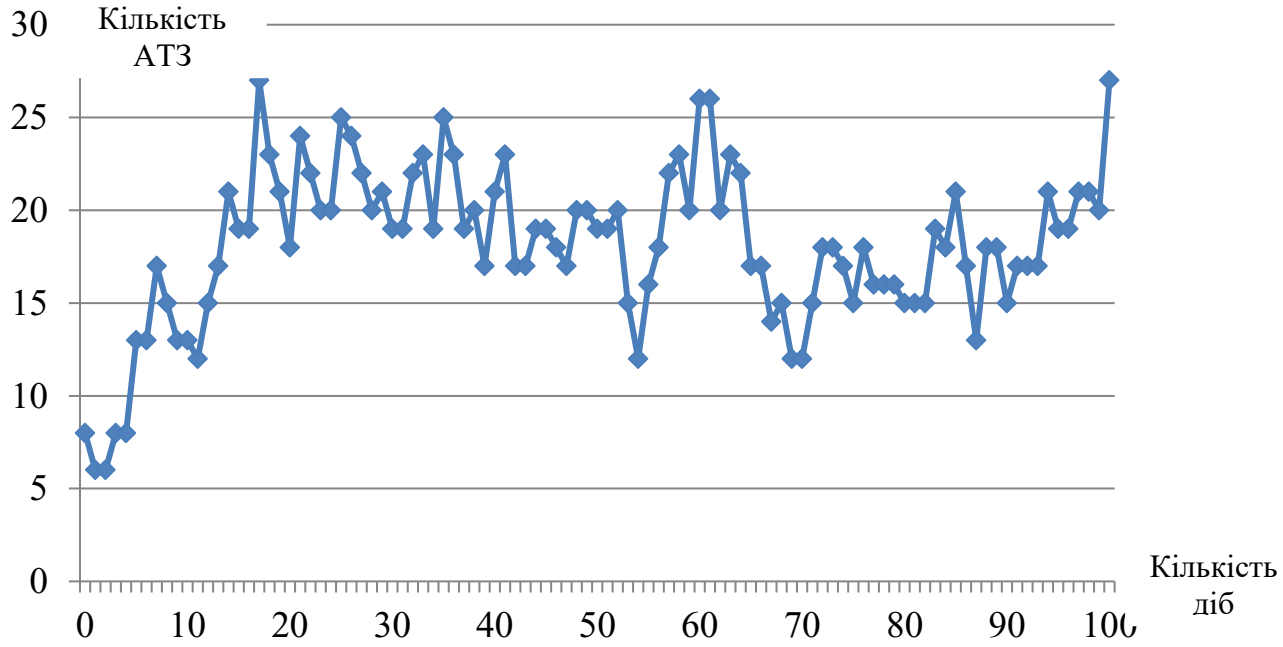


Рисунок Є10 – Емпіричні дані по кількості задіяних АТЗ для обслуговування заданого потоку замовлень при стратегії обслуговування №1 (без порожнього пробігу)

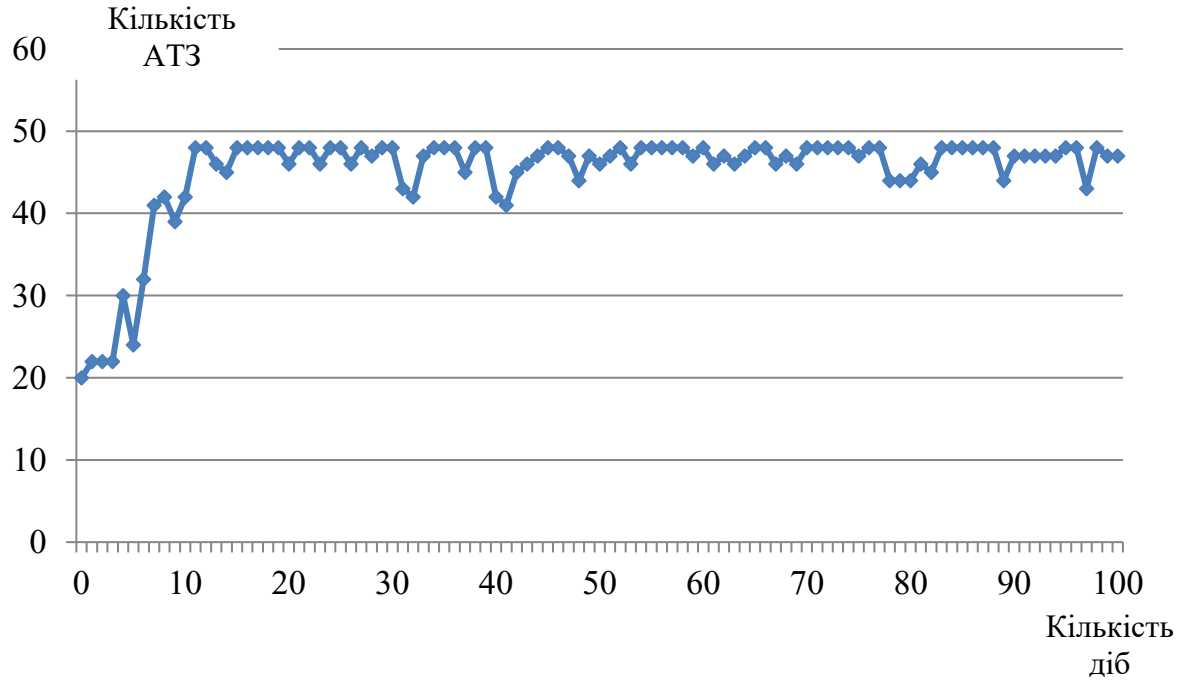


Рисунок Є11 – Емпіричні дані по кількості задіяних АТЗ для обслуговування заданого потоку замовлень при стратегії обслуговування №2 (з порожнім пробігом)

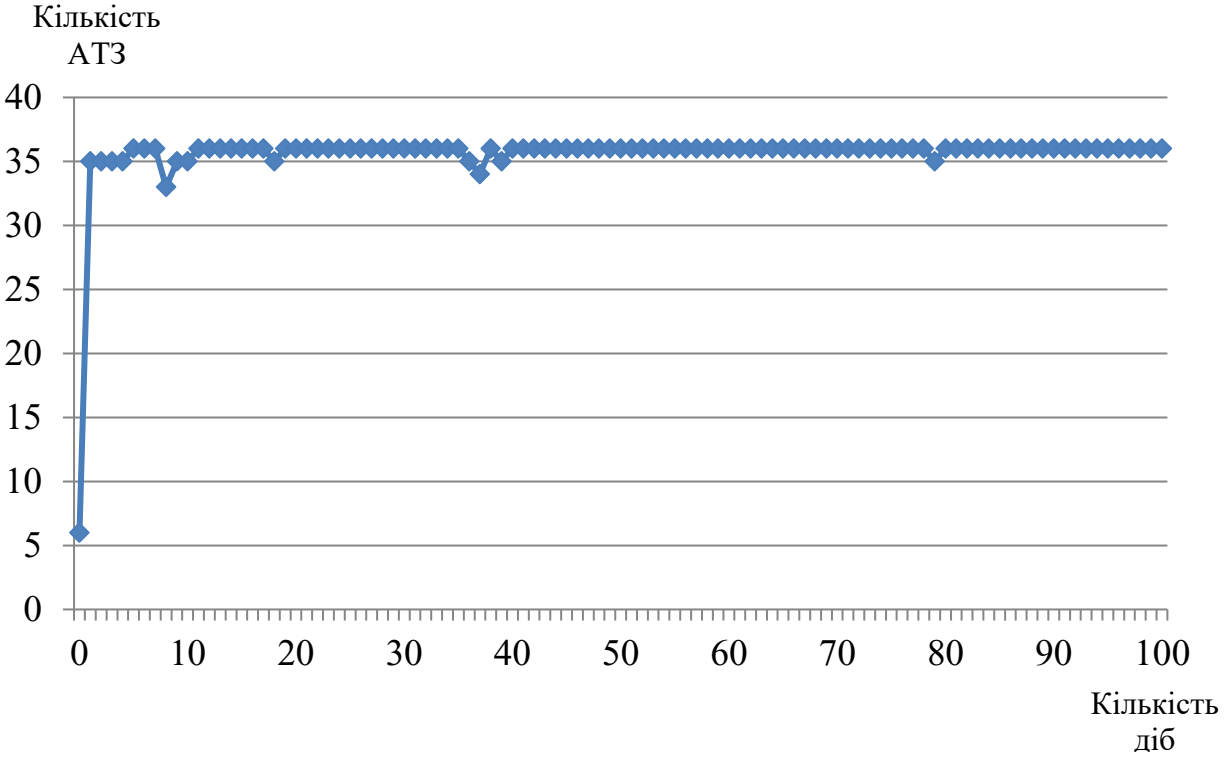


Рисунок Є12 – Емпіричні дані по кількості задіяних АТЗ для обслуговування заданого потоку замовлень при стратегії обслуговування №3 (з порожнім пробігом і прогнозуванням замовлень на фіксований період)

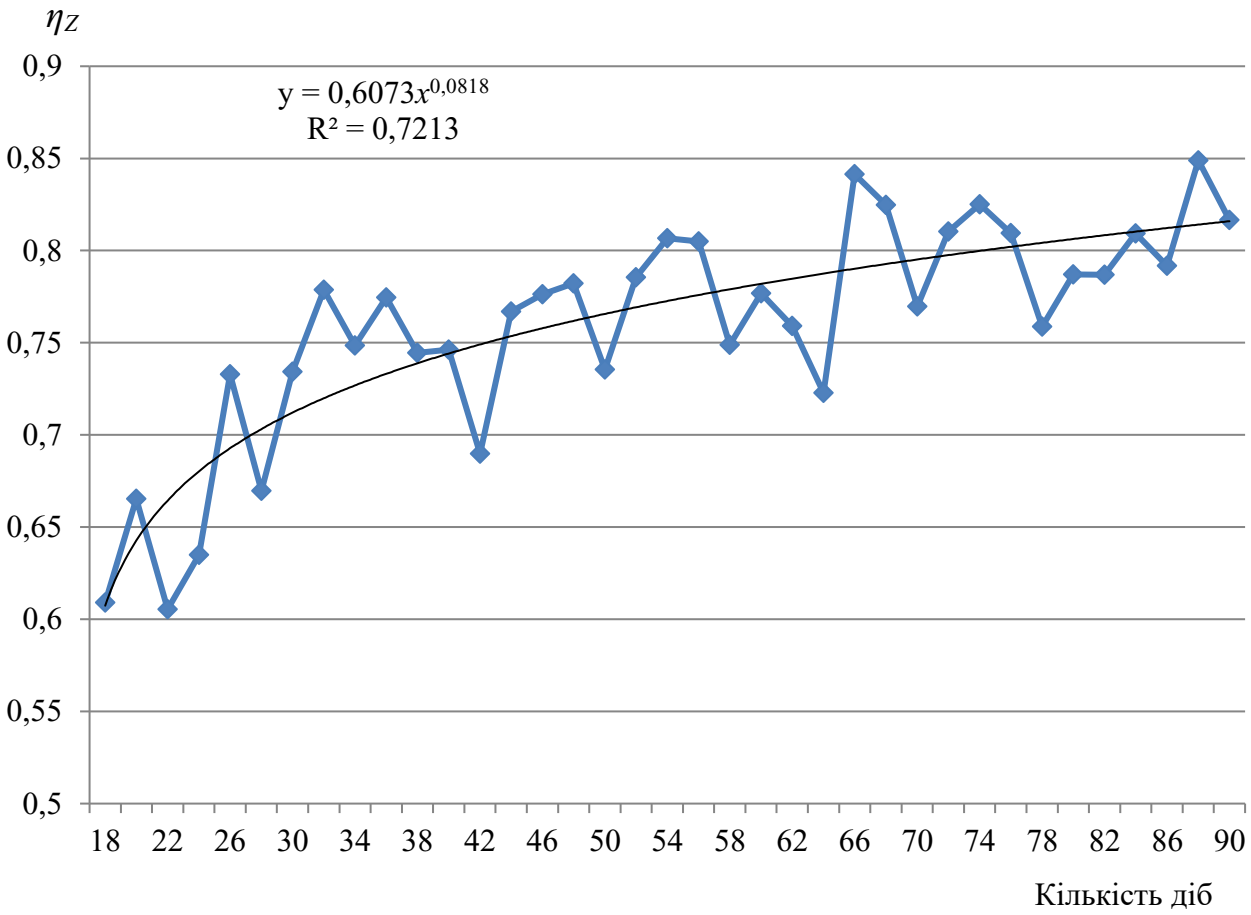


Рисунок Є13 – Емпіричні дані та теоретична залежність співвідношення замовлень, яким відмовлено, до загальної кількості замовлень від тривалості періоду спостереження

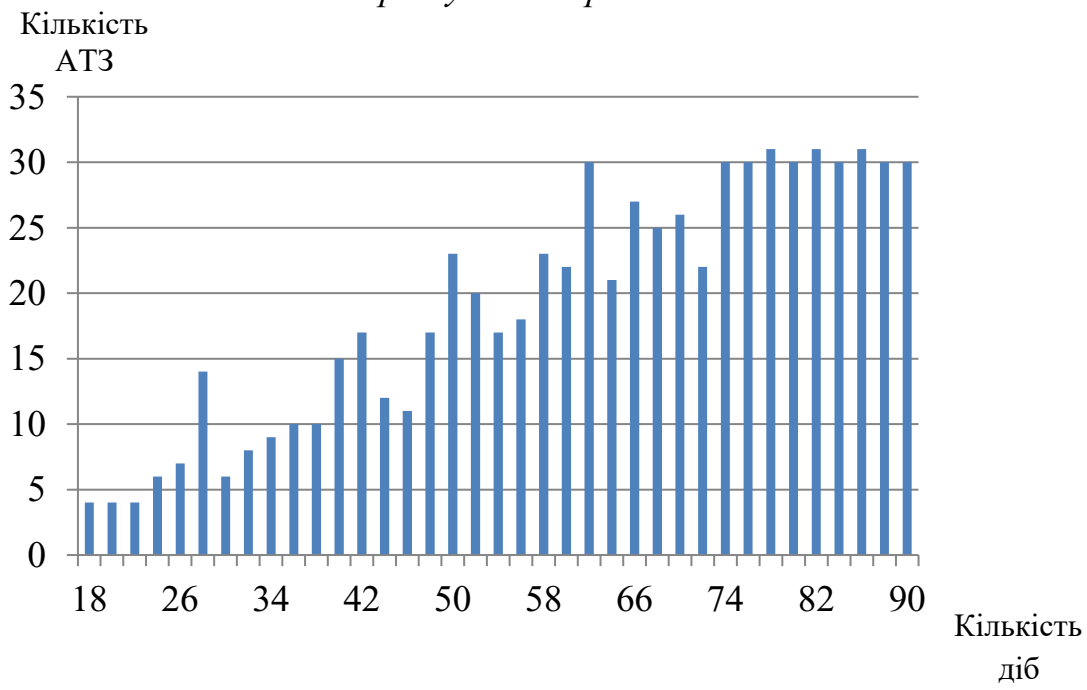


Рисунок Є14 – Залежність кількості орендованих АТЗ від кількості замовлень при використанні 6 власних АТЗ

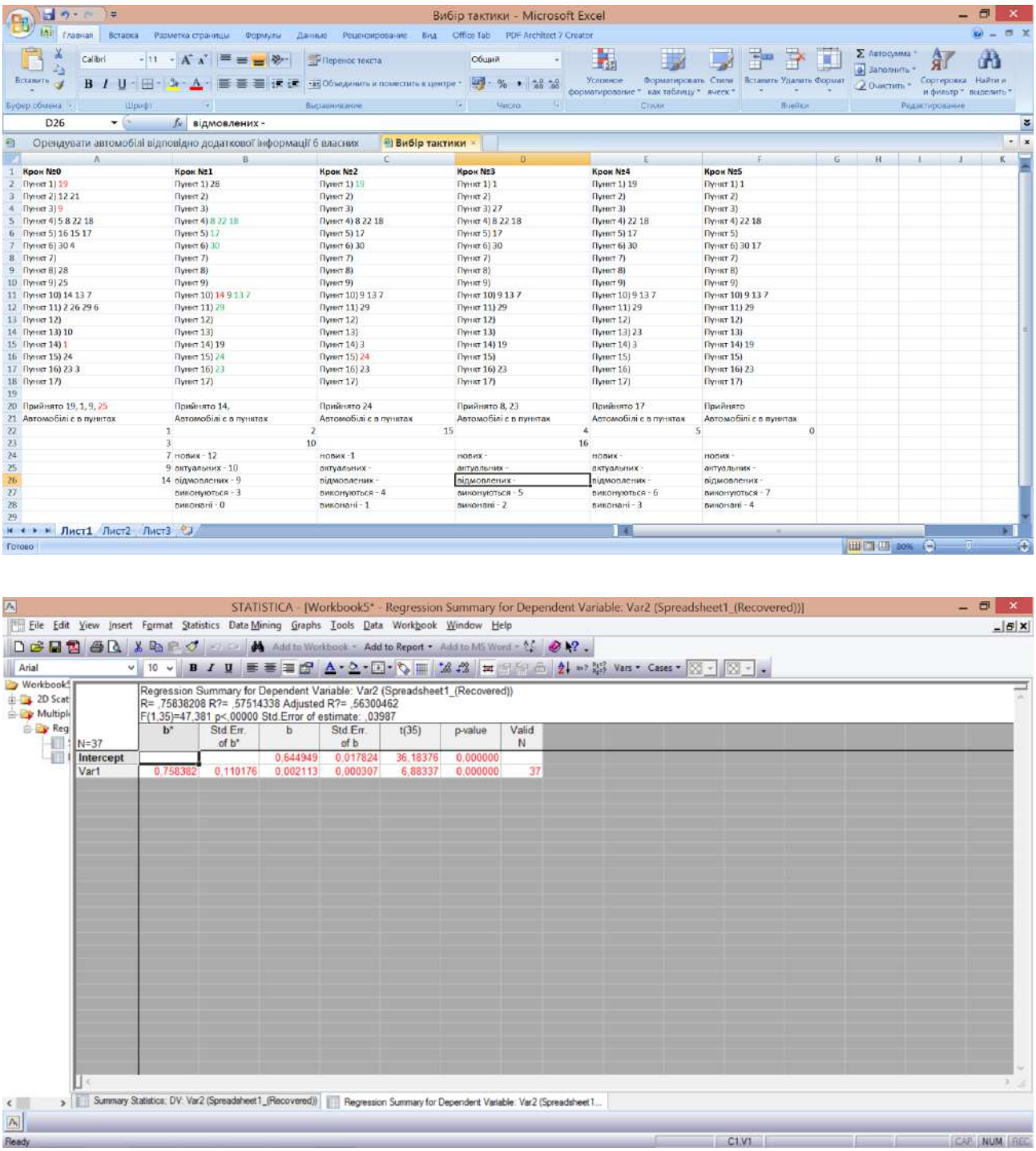


Рисунок Є15 – Використання програми Statistica для кореляційного і регресійного аналізу даних

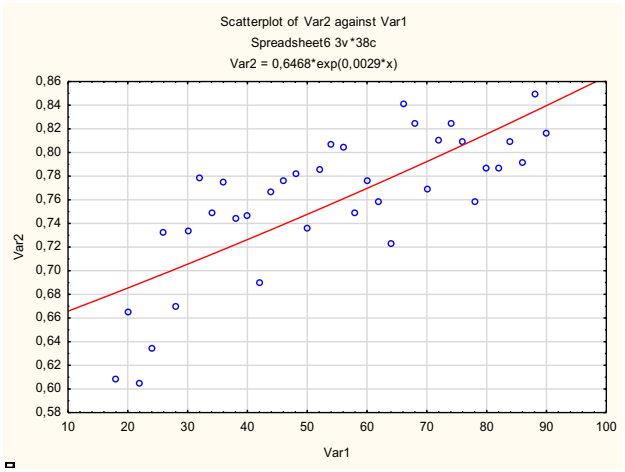


Рисунок Є16 – Використання засобів прикладної програми Statistica для встановлення кореляційної залежності коефіцієнта кількості відмовлених замовлень від загальної кількості замовлень при кількості власних АТЗ – 6

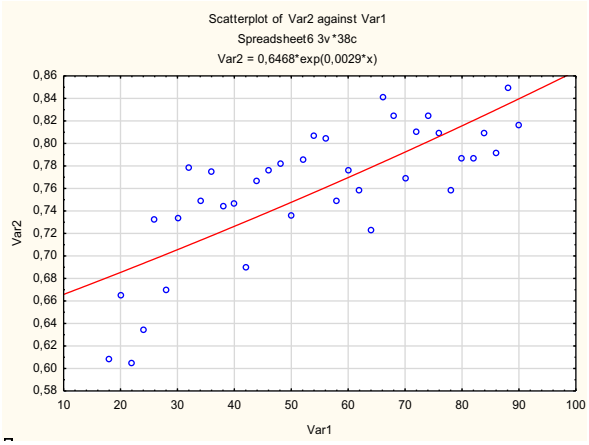


Рисунок Є17 – Використання засобів прикладної програми Statistica для встановлення кореляційної залежності коефіцієнта кількості відмовлених замовлень від загальної кількості замовлень при кількості власних АТЗ – 10

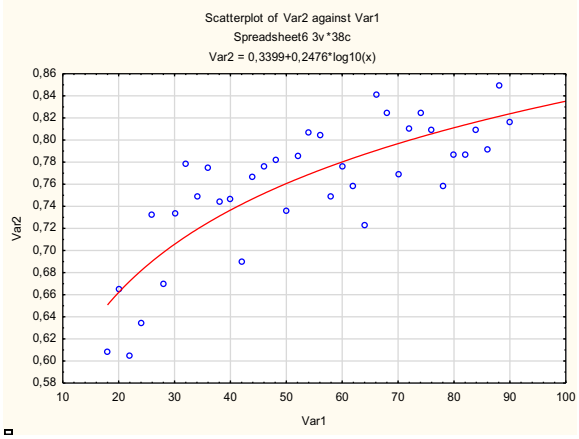


Рисунок Є18 – Використання засобів прикладної програми Statistica для встановлення кореляційної залежності коефіцієнта кількості відмовлених замовлень від загальної кількості замовлень при кількості власних АТЗ – 15

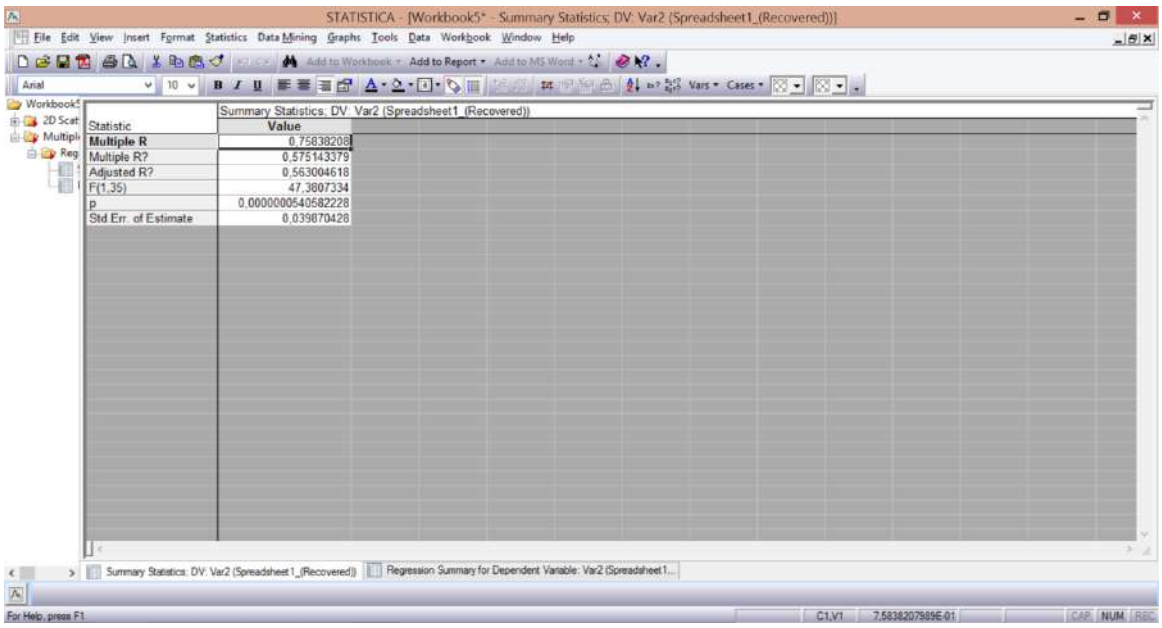


Рисунок Є19 – Результати кореляційного аналізу в середовищі Statistica

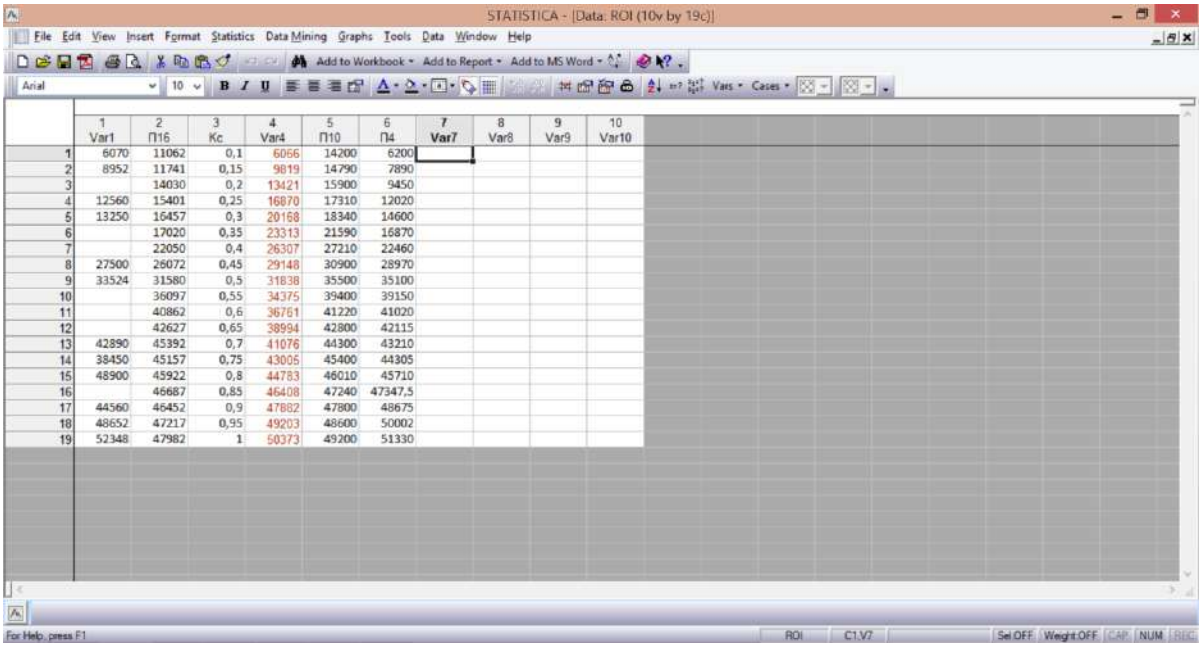


Рисунок Є20 – Початкові дані кореляційного аналізу в середовищі Statistica

Додаток Ж – Лістинг програми імітаційного моделювання вхідних потоків замовлень на перевезення вантажів

```
unit Imitation14;
  //програма виконує імітацію міжміських перевезень при випадковому вхідному
  // потоку при тому, що замовлення виконуються, якщо є вільний транспорт
  //Якщо автомобіль виконав замовлення в заданому пункті, а нових немає, то
  //він прямує до найближчого пункту, де є замовлення і буде там впродовж
  // наступного періоду
  //Частковий роздрук результатів
interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Math;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Start: TButton;
    procedure ButtonClick1(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
const
  Pmax = 62;   // максимальна кількість замовлень в одному пункті
  Nmax = 60;   //максимальна кількість автомобілів
  Mmax = 100;   //кількість кроків моделювання
  Qmax = 17;    //кількість транспортних пунктів
  Zmax = 70;   //кількість замовлень максимальна
  Tn   = 10;     //тривалість зміни максимальна
  File1 = 'D:\Delphi\Imit\Data1.txt';
  File2 = 'D:\Delphi\Imit\04\Result27.txt';
                       taumax = 40;      //максимальна періодичність замовлення
                        taumin = 4;        //мінімальна періодичність замовлення
var
  Form1: TForm1;
  Xij           : array[1..Nmax, 0..Mmax] of integer;
  Yzj, Wzj      : array[0..Zmax, 0..Mmax] of integer;
  TauZ          : array[1..Zmax] of integer;
  Ayw           : array [1..Qmax,1..Qmax] of real;
  K1            : array[1..Zmax] of integer;
  K2            : array[1..Zmax,1..Mmax] of integer;
  Zw            : array[1..Zmax] of integer;            //часові вікна
  YF            : array[1..Zmax,0..Mmax] of integer;    //змінна призначення
  SortTime,
  SortGeneral              : array[0..Pmax] of integer;
  MaxTime                  : array[1..Pmax] of real;
  OrderSet, OrderSetDouble : set of byte;
  MaxTrips                 : array[1..Pmax] of byte;
  SortTrips                : array[1..Pmax,1..Pmax] of byte;
  OrderSet2,
  OrderSet2Double,Set2     : set of byte;
  OrdersSorted             : array [1..Qmax,1..Pmax] of byte;
  step, k1sum              : integer;
  Tmax , Taver, Taverstop  : real;
  idleRun, SumIdleRun, AverIdleRun   : real;
  F1,F2           : textfile;
  i,j,n,m,q,k,z,jk,zk,ks, zn   : integer;
  Ny, My,C,Nymax,Mymax,ZnewTotal,
               rejection,rejectionsum, totalincome  : integer;
procedure ReadData;
procedure Init;
procedure ImitationStep;
function OrdersCalculate(var Y, JJ: integer): integer;
function VehiclesCalculate( var Y, JJ: integer): integer;
Procedure OrderSortI (var YP, jj : integer);
```

```
Procedure OrderSortII(var YP2, jj : integer);
Procedure Sorting (var ki : integer);
Procedure NumberOfDays (zz, jj : integer);
procedure AppoitmentA (zz, ii, jj : integer);
procedure AppoitmentB (var zz, xx, jj : integer);
procedure NexStepsInit;
procedure NexStepsInit2;
Procedure OutPrint;
procedure mainBody(var step : integer) ;
procedure TravelToNearest;
function NearestPoint (var ij : integer) : Integer;
implementation
{$R *.dfm}
//*********************************************************************
Procedure ReadData;
  begin
   while not eof(F1) do
    begin
      read(F1, i, j, Ayw[i,j]);
      Ayw[j,i]:=Ayw[i,j]
    end;
  end;
 //*********************************************************************
Procedure Init;
//занулює початкові масиви
//генерує випадкові початкові дані
var kr : Integer;
label M1;
 begin
  rejectionsum :=0;
  totalincome:=0;
  SumIdleRun:=0;
  K1sum:=0;
  Taver:=0;
  ZnewTotal:=0;
  step:=0;
  Randomize;
  for i := 1 to Nmax do
    for j := 0 to Mmax do
       Xij[i,j]:=0;
  for z := 1 to Zmax do
    begin
     k1[z]:=0; TauZ[z]:=0;
     for j := 0 to Mmax do
        begin
          Yzj[z,j]:=0;
          Wzj[z,j]:=0;
          k2 [z,j]:=0;
          YF [z,j]:=0
        end;
    end;
  //writeln(f2,'Початковий і кінцевий пункти замовлення');
 for z := 0 to Zmax do
   begin
      //Randomize;
      Yzj[z,0]:=Randomrange(0,Qmax);
      //Randomize;
      Wzj[z,0]:=Randomrange(0,Qmax);
   M1: if (Wzj[z,0]=Yzj[z,0]) then
        begin
            //randomize;
            Wzj[z,0]:=Randomrange(0,Qmax);
            goto   M1
        end;
     //writeln(f2,'замовлення№',z,' початок-',Yzj[z,0],' кінець-',Wzj[z,0])
   end;
   //якщо автомобіль знаходить в АТП, то Xij=0
   //в іншому випадку призначається його випадкова координата
   for i := 1 to Nmax do
    begin
     //Randomize;
```

```
     Xij[i,0]:=randomrange(1,Qmax);
    end;

   for z := 1 to Zmax do
     begin
        K1[z]:= randomrange(1,4);
        if Yzj[z,0]=0 then
           K1[z]:=0;
           if k1[z]>0 then
             //writeln(f2,'кількість поїздок замовлення ',z,' - ',k1[z]);
    end;
   for z := 1 to Zmax do
      //часові вікна
       begin
          ZW[z]:=RandomRange(1,3);
          if Yzj[z,j]=0 then
             ZW[Z]:=0;
       end;
    {for z := 1 to Zmax do
       begin
         TauZ[z]:=Randomrange(taumin,taumax);     //яка змінюється від кроку до кроку
       end; }
   {for  z:=1 to Zmax do
    for kr:=1 to Mmax do
      if (tauZ[z]*kr)<=Mmax then
       if Yzj[z,(tauZ[z]*kr)]=0 then
        begin
          Yzj[z,(tauZ[z]*kr)]:= Yzj[z,0];
          Wzj[z,(tauZ[z]*kr)]:= Wzj[z,0];
        end; }
 end;
 //*****************************************************************
 //функція обчислює кількість нерозподілених заявок на поїздки,
 // є у Y-му пункті на JJ-му кроці
function OrdersCalculate( var Y, JJ: integer): integer;
 var zz, OC : integer;
  begin
    OC:=0;
    for zz := 1 to Zmax do
      if ((Yzj[zz,JJ] = Y) and (Y>0) and (YF[zz,jj]=0)) then
        OC:= OC+1;
    OrdersCalculate:= OC
  end;
//*****************************************************************
//функція обчилює кількість вільних автомобілів, які є в Y-му пункті на JJ-му кроці
//і усі вони вільні
 function VehiclesCalculate( var Y, JJ: integer): integer;
 var ii, VC : integer;
  begin
    VC:=0;
    for ii := 1 to Nmax do
      if ((Xij[ii,JJ]=Y) and (Xij[ii,JJ+1]=0)) then
        VC:=VC+1;
    VehiclesCalculate:=VC
  end;
//*****************************************************************
// Сортування невиконаних в Y-му пункті замовлень за максимальною тривалістю
Procedure OrderSortI (var YP, jj : integer);
  var Amax    : real;
      ii,qq,vv,zx   : byte;
      Set1          : set of byte;
  begin
    QQ:=YP;
    vv:=jj;
    set1:=[];
    OrderSet:=[];
    OrderSetDouble:=[];
    for ii := 1 to Zmax do
      if Yzj[ii,vv] = QQ then
         begin
            OrderSet:=OrderSet+[ii];
```

```
            OrderSetDouble:=OrderSetDouble + [ii];
         end;
    for ii := 1 to Pmax do
      begin
         MaxTime[ii]:=0;
         SortTime[ii]:=0;
         SortGeneral[ii]:=0;
      end;
    for ii := 1 to Pmax do
     begin
      for zx := 1 to ii-1 do
         Set1:=Set1+[SortTime[zx]];
          OrderSet:=OrderSetDouble-Set1;
      Amax:=0;
      for z:=1 to Zmax do
       if (z in OrderSet) and (Amax < Ayw[Yzj[z,jj],Wzj[z,jj]]) then
        begin
           Amax := Ayw[Yzj[z,jj],Wzj[z,jj]];
           SortTime[ii]:=z;
           MaxTime[ii]:= Amax;
           OrderSet:=OrderSet-[SortTime[ii]];
        end;
     end;
  end;
//*****************************************************************
 //процедура сортує попередньо відсортований масив замовлень в одному пункті YP2
 // на jj-му кроці імітації за максимальною кількістю поїздок з вантажем

 Procedure OrderSortII(var YP2, jj : integer);
  label      M2;
  var ii, iii, xx, ww, YYp, KA ,wx,wwx        : integer;
      Kmax                                    : real;
   Begin
     YYp:=jj;
     YYp:=Yp2;
     OrderSet2:=[];
     for ii := 1 to Pmax do
       begin
          SortGeneral[ii]:=0;
          MaxTrips[ii]:=0;
          for iii := 1 to Pmax do
             SortTrips[iii,ii]:=0;
       end;
      iii:=1;
      ii:=1;
      xx:=1;
      SortTrips[1,1]:=SortTime[1];
      for xx:=1 to Pmax do
        begin
         if MaxTime[xx]=MaxTime[xx+1] then
           begin
             iii:=iii+1;
             SortTrips[ii,iii]:=SortTime[xx+1];
           end
             else
           begin
             ii:=ii+1;
             iii:=1;
             SortTrips[ii,iii]:=SortTime[xx+1];
           end;
        end;
        for ii := 1 to Pmax do
          Sorting(ii);
        xx:=0;
        for ii := 1 to Pmax do
           for iii := 1 to Pmax do
         begin
           if SortTrips[ii,iii] <>0 then
            begin
               xx:=xx+1;
               SortGeneral[xx]:=SortTrips[ii,iii];
```

```
            end;
          end;
   End;
//*****************************************************************************
Procedure Sorting (var ki : integer);
  var iz, zz, kz, zs : byte;
      KKmax          : byte;
      OrderSet2Double : set of byte;
      K1max           : array[1..Pmax] of integer;
  begin
    KKmax:=0;
    zz:=0;
    for iz := 1 to Pmax do
     begin
      K1max[iz]:=0;
      if  (SortTrips[ki,iz] >0) then
         OrderSet2:= OrderSet2 + [SortTrips[ki,iz]];
     end;
    OrderSet2Double:=OrderSet2;
    for kz := 1 to Pmax do
      for iz := 1 to Pmax do
       if ((SortTrips[ki,iz]) in (OrderSet2)) then
         begin
           if K1[SortTrips[ki,iz]] > KKmax then
             begin
               KKmax:= K1[SortTrips[ki,iz]];
               zz:= iz;
               K1max[kz]:= SortTrips[ki,iz]
             end;
         end;
     for iz := 1 to Pmax do
       SortTrips[ki,iz]:= K1max[iz]
   end;
//*****************************************************************************
//перший крок імітації, на якому автомобілі сортуються за двома критеріями
procedure ImitationStep;
 var qq,Mymax,min : integer;
     ProportionZX : array [1..Zmax] of boolean;
     VCY,iqq,iz : integer;
  begin
   for q:=1 to Qmax do
    for z:=1 to Pmax do
     OrdersSorted[q,z]:=0;
   j:=step; VCY:=0; min:=0; rejection:=0; ZnewTotal:=0;
   for z:=1 to Zmax do
    if ((Yzj[z,j]>0) and (wzj[z,j]>0)) then
      ZnewTotal:= ZnewTotal+1;
   //сортуємо замовлення у пунктах
   //Writeln(f2,'Розподіл замовлень по пунктах');
    for q := 1 to Qmax do
      begin
        //write(f2,'Пункт ',q,') ');
        OrderSortI(q,j);
        OrderSortII(q,j);
        for z := 1 to Pmax do
         begin
          if SortGeneral[z]>0 then
           begin
            OrdersSorted[q,z]:= SortGeneral[z];
            //write(F2,SortGeneral[z],' ');
           end;
         end;
         //writeln(f2);
      end;
   //визначаємо  варіант співвідношення кількості автомобілів і замовлень
   // в кожному пункті
    Ny:=0;   My:=0;  Mymax:=0; Nymax:=0;
    for q:=1 to Qmax do
     ProportionZX[q]:=true;
    for q:= 1 to Qmax do
      begin
```

```
        Ny:= OrdersCalculate(q,j);
        Nymax:=Nymax+OrdersCalculate(q,j);
        My:= VehiclesCalculate(q,j);
        Mymax:=Mymax+VehiclesCalculate(q,j);
         if OrdersCalculate(q,j)>VehiclesCalculate(q,j) then
           min:=min+VehiclesCalculate(q,j)
           else
             min:=min+OrdersCalculate(q,j);
         if Ny<My then
          begin
            ProportionZX[q]:= false;
            //writeln(f2,'в пункті ',q,' автомобілів-',My,' замовлень-',Ny,' автомобілів
більше');
          end else
          //writeln(f2,'в пункті ',q,' автомобілів-',My,' замовлень-',Ny,' автомобілів не
більше');
      end;
     writeln(f2,{'Надійшло нових замовлень -                        ',}ZnewTotal);
     totalincome:=totalincome+ ZnewTotal;
     writeln(f2,{'Кількість вільних автомобілів на початку циклу   ',}Mymax);
     writeln(f2,{'Замовлення,які можна прийняти до виконання -     ',}min);
      zn:=0;
    // Варіант А. Перший розподіл автомобілів, якщо їх є менше, ніж замовлень
   for q := 1 to Qmax do
     if (ProportionZX[q]) then
       begin
         for i := 1 to Nmax do
          for iz:= 1 to Zmax do
           if ((Yzj[OrdersSorted[q,iz],j]>0) and
               (Xij[i,j]>0) and
                (Xij[i,j+1]=0) and
                 (Xij[i,j]=Yzj[OrdersSorted[q,iz],j])) then
                 begin
                   zn:=OrdersSorted[q,iz];
                   if zn>0 then
                   AppoitmentA(zn,i,j)
                 end;
       end;
          //***************************
    for q := 1 to Qmax do
      if (ProportionZX[q]=false) then
   // Варіант В. Інший розподіл автомобілів, якщо їх є більше, ніж замовлень
      begin
       for i := 1 to Nmax do
        for iz:= 1 to Zmax do
        begin
         if ((Yzj[OrdersSorted[q,iz],j]>0) and
            (Wzj[OrdersSorted[q,iz],j]>0) and
            (Xij[i,j]>0) and (Xij[i,j+1]=0) and
            (Xij[i,j]=Yzj[OrdersSorted[q,iz],j])) then
                   begin
                     zn:=OrdersSorted[q,iz];
                     if zn>0 then
                     AppoitmentB(zn,i,j);
                   end;
        end
      End;
  end;
//*****************************************************************************
//процедура А призначення автомобілів на виконання замовлення zz пункті q,
//якщо автомобілів є менше
procedure AppoitmentA (zz, ii, jj: integer);
  var kj, kzz, kjj, kii, KIZ, numofdays : integer;
  begin
    kzz:=zz;
    kjj:=jj;
    kii:=ii;
    NumberOfDays(kzz,kjj);
    numofdays:=ks;
    if ((Yzj[kzz,kjj]>0) and              //якщо замовлення реальне
       (Wzj[kzz,kjj]>0) and
```

```
       (Xij[kii,kjj+1]=0) and        //якщо автомобіль ще не призначений
       (Yf[kzz,kjj]=0) and           //якщо замовлення ще не розподілене
         (numofdays=1)) then         //якщо замовлення виконується за одну
         begin                       //зміну
            Xij[kii,j+1]:= Wzj[kzz,kjj];      //призначення  авто
            YF[kzz,kjj]:=1;
            //writeln(f2,'Замовлення №', kzz,'; кількість змін - ', ks, '; поїздок виконано
- ',k1[kzz]);
            //writeln(f2,'Маршрут автомобіля ',kii ,' є ',Yzj[kzz,kjj],' - ',Wzj[kzz,kjj]);
            K1sum:=k1sum+k1[kzz];
         end
            else                  //якщо кількість періодів виконання
                                  //замовлення, є більш, ніж ніж один
         begin
           //YF[kzz,kjj]:=ks;
           SetRoundMode(rmUp);
           KIZ:=round(k1[kzz]/ks);   //кількість змін, за які можна виконати
                                     //усі поїздки замовлення послідовно
             for kj:=(kjj) to (kjj+ks) do
                begin
                  Yzj[kzz,kj+1]:= Wzj[kzz,kj];
                  Wzj[kzz,kj+1]:= Yzj[kzz,kj];
                  YF[kzz,kj]:= 1;
                  Xij[kii,kj+1]:= Wzj[kzz,kjj];
                end;
             //writeln(f2,'Замовлення №', kzz,'; кількість змін - ', ks, '; поїздок
виконано - ',KIZ);
             //write(f2,'Маршрут автомобіля ',kii,' є ');
             if Yzj[kzz,kjj]>0 then
             begin
               //write(f2, Yzj[kzz,kjj]);
               for kj := kjj to (kjj+k1[kzz]) do
                 if Wzj[kzz,kj]>0 then
                   //write(f2,' - ',Wzj[kzz,kj]);
               //writeln(f2);
             end;
         end;
  end;
//*****************************************************************************
//процедура B призначення автомобілів на виконання замовлень в zz пункті,
//якщо автомобілів є більше, ніж замовлень, то усі автомобілі призначаються
//на задані замовлення і на кожну поїздку, якщо їх є більше, ніж одна

procedure AppoitmentB (var zz, xx, jj : integer);
  var kj, Bzz, Bxx, Bjj, kk1 : integer;

  begin
    Bzz:=zz; Bxx:=xx; Bjj:=jj; kk1:=k1[bzz];
    NumberOfDays(Bzz,Bjj);
    //if (ks>1) then
     begin
       begin
          if ((Yzj[Bzz,Bjj]=Xij[Bxx,Bjj]) and   //якщо автомобіль є в пункті Yzj
           (Xij[Bxx,Bjj+1]=0) and            //ящо автомобіль ще не призначений
           (Yf[Bzz,Bjj]=0) and         //Якщо замовлення ще не розподілено
           (YF[Bzz,Bjj]<=K1[Bzz])) then
            begin
              //writeln(f2,'Замовлення №', bzz,'; змін - ', ks, '; поїздок заплановано -
',k1[bzz]);
              //write(f2,'Маршрут автомобіля ',Bxx,' є ');
              Xij[Bxx,Bjj]:=Wzj[Bzz,Bjj];
              YF[Bzz,Bjj]:=YF[Bzz,Bjj]+1;
              Yzj[Bzz,Bjj+1]:= Wzj[Bzz,Bjj];
              //writeln(f2,' ',Yzj[Bzz,Bjj],' - ',Wzj[Bzz,Bjj]);
            end;
       end;
     end;
    SetRoundMode(rmUp);
    k1sum:=k1sum + round(kk1/ks);{[bzz]};
  end;
  //*****************************************************************************
```

```
  //обчислює кількість періодів, за які має бути виконане замовлення z, починаючи
//з періоду jj
procedure NumberOfDays (zz, jj : integer);
  var kj, zkz  : integer;
      zzk      : real;
  begin
      zkz:=zz;
      kj:=jj;
      if K1[zkz]>1 then
       begin
         zzk:= 2*K1[zkz]*(Ayw[Yzj[zkz,kj],Wzj[zkz,kj]])/Tn;
         SetRoundMode(rmUp);
         ks:=Round(zzk)
       end
         else
       begin
           zzk:=(Ayw[Yzj[zkz,kj],Wzj[zkz,kj]])/Tn;
           SetRoundMode(rmUp);
           ks:=Round(zzk)
       end;
  end;
//*****************************************************************************
  Procedure NexStepsInit;
  //Циклічні кроки моделювання з періодичним поновленням замовлень
  Begin
    K1sum:=0;
                            //Якщо замовлення не виконане на jn-1 кроці і
    for z := 1 to Zmax do    //часове вікно дозволяє його виконати далі,
     if (Yzj[z,j-1]>0) and (Yf[z,j-1]=0) then  //то замовлення активізується
       if Yzj[z,j]=0 then
        if ZW[z]>1 then
          begin
            Yzj[z,j]:=Yzj[z,j-1];
            Wzj[z,j]:=Wzj[z,j-1];
          end;
  End;
 //*****************************************************************************
 procedure NexStepsInit2;
 var zzz,jj : integer;
  //якщо замовлення виконувалось на попередньому кроці і виконане дотепер
  //то активізувати його за випадковою періодичністю
  Begin                                 //яка змінюється від кроку до кроку
   Randomize;
   for zzz := 1 to Zmax do              //випадково
    begin
    if (Yf[zzz,0]>0) then
      TauZ[zzz]:=Randomrange(taumin,taumax);
       for jj:=1 to Mmax do
         if (Yzj[zzz,(jj*tauZ[zzz])]=0) then
          begin
           Yzj[zzz,(jj*tauZ[zzz])]:= Yzj[zzz,0];
           Wzj[zzz,(jj*tauZ[zzz])]:= Wzj[zzz,0]
          end;
    end;
  End;
//*****************************************************************************
Procedure OutPrint;
//друкує проміжні результати
 var isum, zsum, kssum : integer;
     Tstop : real;
     Tmov  : Real;
  begin
    isum:=0;
    K1sum:=0;
    rejection:=0;
    Tmax:=0;
    for i := 1 to Nmax do
     if (Xij[i,j]>0) and (Xij[i,j+1]>0) then
       isum:=isum+1;
     writeln(f2,{'Кількість задіяних автомобілів-                  ',}isum);
    zsum:=0;
```

```
    for z := 1 to Zmax do
     if Yf[z,j]>0 then
      begin
       Zsum:=Zsum+1;
       K1sum:=K1sum+Yf[z,j];
       Tmax:=Tmax+Yf[z,j]*Ayw[Yzj[z,j],Wzj[z,j]]
      end;
       Tstop:=Nmax*Tn-Tmax;
       writeln(f2,{'Кількість замовлень, які виконуються -           ',}Zsum);
       writeln(f2,{'Кількість виконаних поїздок -                    ',}K1sum);
    rejection:=  ZnewTotal-Zsum;
    if rejection<0 then
      rejection:=0;
       writeln(f2,{'Кількість відмовлених замовлень -                ',} rejection);
    rejectionsum:=rejectionsum +  rejection;
       writeln(f2,{'Тривалість поїздок з вантажем -                  ',} Tmax:2:1{,'
год.'});
       writeln(f2,{'Тривалість простоїв -                            ',} Tstop:2:1{,'
год.'});
    Taver:= Taver+Tmax;
    Taverstop:=Taverstop+Tstop;
    TravelToNearest;
       Writeln(f2,{'Тривалість марного пробігу автомобілів           ',}IdleRun:2:1{,'
год'});
    SumIdleRun:=SumIdleRun+IdleRun;
  end;
//*****************************************************************************
  procedure mainBody(var step : integer);
   var stepJ : integer;
   begin
      begin
        j:=step;
        writeln(f2,'*********************************************');
        writeln(f2,'Крок №',j);
        Tmax:=0;
        NexStepsInit;
        NexStepsInit2;
        ImitationStep;
      end;
   end;
//*****************************************************************************
function NearestPoint (var ij : integer) : Integer;
 var ShortWay : Real;
     point,minpoint : Integer;
     Zpoint         : set of byte;
     zz : integer;
// Процедура визначає найближчий пункт від місця розташування автомобіля, де
// є вантаж для відправлення
begin
  shortWay:=0;
  minpoint:=0;
  Zpoint:=[];
  for zz:=1 to Zmax do
   if ((Yf[zz,j]=0) and (ZW[zz]>1)) then
    Zpoint:=Zpoint+[zz];
  for point:=1 to Qmax do
   if (Yzj[point,j] in Zpoint) then
    if Ayw[ij,point]>ShortWay then
     if (ij <>point) then
     begin
      ShortWay:= Ayw[ij,point];
      minpoint:=point
     end;
  NearestPoint:=minpoint;
end;
//*****************************************************************************
procedure TravelToNearest;
var vi     : integer;

begin
  idleRun :=0;
```

```
  for vi:=1 to Nmax do
   if Xij[vi,j+1]=0 then
     for z:=1 to Zmax do
      if Yzj[z,j]=NearestPoint(vi) then
       if Yzj[z,j]>0 then
       begin
        Xij[vi,j+1]:= NearestPoint(vi);
        idleRun := idleRun + Ayw[Xij[vi,j],Xij[vi,j+1]]
       end;
end;
//*********************************************************************
procedure TForm1.ButtonClick1(Sender: TObject);
begin
 AssignFile(F1,File1);
  Reset(F1);
  AssignFile(F2,File2);
  Rewrite(F2);
  Writeln(f2,'Застосовано правило, за яким авто не виконує марних пробігів, а');
  Writeln(f2,'залишається в пункті останнього розвантаження');
  Writeln(f2,'Максимальна кількість автомобілів -    ', Nmax);
  Writeln(f2,'Кількість кроків моделювання -         ', Mmax);
  Writeln(f2,'кількість транспортних пунктів -       ', Qmax);
  Writeln(f2,'кількість замовлень максимальна -      ', Zmax);
  Writeln(f2,'тривалість зміни максимальна -         ', Tn);
  Writeln(f2,'максимальна періодичність замовлень  - ', taumax,' діб');
  Writeln(f2,'мінімальна періодичність замовлень  -  ', taumin,' діб');
  Writeln(f2,'*******************************************');
  ReadData;
  Init;
  writeln(f2,'Крок №0');
  ImitationStep;
  OutPrint;
  for step := 1 to Mmax do
   begin
    MainBody(step);
    OutPrint;
   end;
  Writeln(f2,'************************************************************');
  Writeln(f2,{'Сумарна тривалість поїздок з вантажем за цикл, год. - ', }taver:2:1);
  Writeln(f2,{'Сумарна тривалість простою транспорту за цикл, год. - ', }taverstop:2:1);
  Taver:=Taver/Mmax;
  Taverstop:=Taverstop/Mmax;
  Writeln(f2,{'Середня тривалість поїздок з вантажем за цикл, год. - ', }taver:2:1);
  Writeln(f2,{'Середня тривалість простою транспорту за цикл, год. - ', }taverstop:2:1);
  {for I := 1 to Qmax do
    for j := 1 to Qmax do
      writeln(f2,Ayw[i,j]);  }
  Writeln(f2,{'Загальна кількість відмов -                          ', }rejectionsum);
  Writeln(f2,{'Загальна кількість замовлень -                       ', }totalincome);
  Writeln(f2,{'Загальна тривалість марного пробігу -                ', }SumIdleRun :2:1);
  //Writeln(f2,'Частка відмов -                                      ',
rejection/totalincome : 2:3);
  CloseFile(F1);
  CloseFile(F2);
 Beep;
 Close;
end;

end.
```

Додаток К – Акти впровадження результатів

«Затверджую»
Директор ТзОВ «ЛВ-Транс»
Балух Андрій Андрійович
_____
«6» листопада 2020

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Ми, хто підписався нижче, засвідчуємо передачу і, відповідно, приймання для використання продукту наукової розробки, яка полягає в наступному.

Об'єкти впровадження.

1. Рекомендації по управлінню діяльності перевізника із застосуванням кооперації з партнерами та логістичними посередниками.
2. Стратегії транспортної діяльності підприємства, які слід застосовувати з врахуванням галузевої кооперації.

Ким запропоновано.

Національний транспортний університет, кафедра міжнародних перевезень та митного контролю, автори: Шарай С.М., Рой М.П.

Де і коли, з якою метою впроваджено.

Рекомендації по управлінню діяльності, та стратегії транспортної діяльності підприємства впроваджено на підприємстві ТОВ «ЛВ-Транс» для підвищення ефективності виконання замовлень на перевезення вантажів при взаємодії підприємства ТОВ «ЛВ-Транс» з партнерами та логістичними посередниками з метою підвищення прибутковості, та збільшення кількості виконаних замовлень.

Предмет, результати та ефективність впровадження.

Управлінські рекомендації та розроблені стратегії дають змогу підвищити конкурентоздатність і обсяги перевезень транспортного підприємства ТОВ «ЛВ-Транс» без збільшення розміру основних фондів за рахунок взаємодії з

підприємствами-партнерами і виконання перевезень за раціональними маршрутами. Це приводить до збільшення прибутковості підприємства, та зниження кількості відмов прийнятих заявок.

Висновки, зауваження, пропозиції.

Впровадження управлінських рекомендацій та розроблених стратегій дає змогу впровадити новий, оптимальний інтегрований транспортний процес із залученням наявного власного парку та основних засобів підприємств-партнерів. Збільшення економічної ефективності діяльності підприємства може бути досягнуто за рахунок обґрунтованих рішень стосовно розподілу власних транспортних засобів, необхідності оренди та удосконалення інформаційного забезпечення. Додатковий прибуток за оптимальної структури процесу може перевищувати чинні на час впровадження варіанти на 10-12 тис. грн. на кожні 10 відомих замовлень, при наявній кількості транспортних засобів. Сукупні надходження збільшуються при цьому на 71%-73%. Впроваджені розробки дають підстави вважати, що найбільш дієвим заходом із покращення експлуатації парку вантажних автопоїздів є також збільшення кількості і підвищення достовірності інформації про планові перевезення. Отримано можливість вирішення проблеми завантаження автомобілів парку перевізника на міжміських маршрутах при умові найбільш повного задоволення вимог вантажовласників, за рахунок структурної оптимізації транспортних процесів.

Від підприємства:
керівник відділу логістики

Симусь І. О. _____

Автори розробок:

Шарай С.М. _____

Рой М.П. _____

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з навчальної роботи
Національного транспортного університету
_____ проф. Грищук О.К.
"9" вересня 2021 р.

А К Т
про впровадження в навчальний процес матеріалів
дисертаційної роботи здобувача наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 275 – транспортні технології
(на автомобільному транспорті)
"Підвищення ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств"
Роя Максима Петровича

Починаючи з 2014-2015 навчального року по даний час в навчальному процесі кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету використовуються науково-методичні матеріали і прикладні результати, що містяться в дисертаційній роботі Роя М.П.

Так, при проведенні навчального процесу з студентами спеціальності 275 "Транспортні технології (на автомобільному транспорті)" з дисципліни "Основи транспортних процесів і систем", на кафедрі міжнародних перевезень та митного контролю розглядаються теоретичні і прикладні аспекти підвищення ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств за рахунок розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу організації автомобільних вантажних перевезень.

Також в дипломному проектуванні на факультеті транспортних та інформаційних технологій використовуються розроблені в дисертаційній роботі Роя М.П. моделі, методи та програмне забезпечення процесу організації автомобільних вантажних перевезень.

Включення матеріалів і результатів дисертаційної роботи Роя М.П., які мають певну наукову новизну і практичну цінність, у навчальний процес кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету сприяють його поліпшенню і подальшому удосконаленню.

Декан факультету
транспортних та інформаційних технологій
д.ф.-м.н., професор /Данчук В.Д./

Завідуючий кафедри
міжнародних перевезень та митного контролю
д.т.н., професор /Прокудін Г.С./

Додаток Л – Копії авторського права на твір

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 94018

Науковий твір "Імітаційне моделювання взаємопов'язаних транспортних процесів на магістральній мережі"

(вид, назва твору)

Автор(и) Шарай Світлана Михайлівна, Оліскевич Мирослав Стефанович, Рой Максим Петрович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 19.11.2019

Заступник Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України Д. О. Романович

М.П.

ПК «Україна». Зам. 19-2001. 2019 р. 1 кп.

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 90021

Літературний письмовий твір наукового характеру "Робоча програма та методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Транспортні системи в логістиці та організаціях перевезень" для студентів спеціальності 073 "Менеджмент" денної форми навчання"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Шарай Світлана Михайлівна, Катрушенко Наталія Анатоліївна, Гілевська Катерина Юріївна, Денис Олена Віталіївна, Хоботня Тетяна Георгіївна, Рой Максим Петрович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 20.06.2019

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508596

М.П.

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

УКРАЇНА

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 90771

Літературний письмовий твір наукового характеру "Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Транспортні системи в логістиці та організація перевезень" для студентів спеціальності 073 "Менеджмент" денної форми навчання"

(вид, назва твору)

Автор(и) **Шарай Світлана Михайлівна, Катрушенко Наталія Анатоліївна, Гілевська Катерина Юріївна, Денис Олена Віталіївна, Хоботня Тетяна Георгіївна, Рой Максим Петрович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 15.07.2019

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ КОД 37508396

М.П.

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

Додаток Н – Список праць здобувача

Монографії:

1. Шарай С.М., Ященко В.М., Рой М.П. Напрями вдосконалення роботи терміналів шляхом підвищення ефективності здійснення митних процедур. *Бізнес-моделі розвитку транспортних, агропромислових і інших підприємницьких структур: сучасні реалії та перспективи:* Колективна монографія з міжнародною участю / за ред. Л. М. Савчук, Л. М. Бандоріної. – Дніпро: ЖУРФОНД, 2018. – 416 с. (параграф 3.2, С. 112-129).

2. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. 14.4: Analysis of Technological and Economical Preconditions of Intercity Carriers Business Interaction / Sharai S., Oliskevych M., Roi M. // Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph / Hnes L., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. – pp. 276-288. DOI- 10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III.

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

3. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Development of the procedure for simulation modeling of interrelated transport processes on the main road network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/3 (101). 2019. P.70-83. Індексується у Scopus.

4. Sharai, S., Oliskevych, Myroslav., Roi M. (2021) Method of Selection of Sequence of Execution of Orders for Long-Term Freight Road Transportation. *World Science*. 9(70). P.4-10. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30092021/7688

Статті у наукових фахових виданнях:

5. Шарай С.М., Рой М.П., Дехтяренко Д.О. Формування транспортно-логістичних кластерів в транспортному секторі України. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. №1(9). С.123-128. DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-9-1-123-128.

6. Рой М.П. Метод оптимізації інтегрованого транспортного процесу вантажних автомобільних перевезень. *Вчені записки Таврійського НУ ім. В.І.*

Вернадського. Серія: технічні науки. 2020. 31 (70). № 5. С.220-227. DOI https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/36.

7. Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Рой М.П. Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від вхідного потоку замовлень. *Розвиток транспорту*. 2020. № 1(6). С. 103-115. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2020.1-6.09.

8. Шарай С.М., Рой М.П. Застосування системного підходу до організації вантажних автомобільних перевезень із часовими вікнами. *Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського Серія: Технічні науки*. 2021. Том 32 (71) № 1. Ч.2. С.148-154. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-2/24.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Шарай С.М., Рой М.П. Кластер як важлива складова транспортного сектору України. *Вісник НТУ*, Серія «Економічні науки», Випуск № 2(41) 2018, Київ, 2018. С. 147-152.

10. Шарай С.М., Рой М.П. Теоретичні засади створення транспортно-логістичних кластерів в Україні: тези доп. LXXIV *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 16-18 травня 2018). Київ, 2018. С. 260.

11. Sharai S., Roi M., Dekhtiarenko D. Formation of transport-logistic clusters in Ukraine. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми транспорту»*, 2019. (Тернопіль, 28-29 травня 2019). Тернопіль, 2019. С. 152-161. DOI:10.5281/zenodo. 3387530.

12. Шарай С.М., Рой М.П. Підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичних кластерів : тези доп. LXXV *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 15-18 травня 2019). Київ, 2019. С. 269-270.

13. Шарай С.М., Сахно В.П., Поляков В.М., Корпач А.О., Дехтяренко Д.О., Рой М.П. Моделі функціонування транспортно-логістичних кластерів: світовий досвід та можливості для його використання в Україні: Збірник наукових праць за матеріалами IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення», Сєвєродонецьк − Одеса − Вільнюс − Київ, 22-24 травня 2019р. / Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Одеський національний морський університет – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2019. С. 187-189.

14. Шарай С.М., Рой М.П. Імітаційне моделювання транспортних процесів на міжміській магістральній мережі: тези доп. LXXVI *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*. (Київ, 13-15 травня 2020). Київ, 2020. С. 238.

15. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Application of a system approach in the organization of the process of cargo transportation by road transport taking into account hour windows / Theses of XIII International Scientific and Practical Conference “Globalization of Scientific and Educational Space. Innovations of Transport. Problems, experience, prospects” – 21-26 May 2021, Vlora (Albania) / Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Department "Logistics management and traffic safety in transport»: Severodonetsk 2021. – P. 76-78.

Авторські свідоцтва:

16. Свідоцтво № 94018. Науковий твір «Імітаційне моделювання транспортних процесів на магістральній мережі» Шарай С.М., Оліскевич М.С., Рой М.П. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. Дата реєстрації 19.11. 2019.

17. Свідоцтво № 90021. Літературний письмовий твір наукового характеру «Робоча програма та методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Транспортні системи в логістиці та організація перевезень» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент» денної форми навчання». Шарай С.М., Катрушенко Н.А., Гілевська К.Ю., Денис О.В.,

Хоботня Т.Г., Рой М.П. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації 20.06.2019.

18. Свідоцтво № 90771. Літературний письмовий твір наукового характеру «Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Транспортні системи в логістиці та організація перевезень» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент» денної форми навчання». Шарай С. М., Катрушенко Н.А., Гілевська К.Ю., Денис О.В., Хоботня Т.Г., Рой М.П. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації 15.07.2019.