

## МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Розроблено модель визначення синергетичного ефекту при організації інтермодальних контейнерних перевезень в ланцюгах постачань на принципах кооперації учасників та за рахунок синхронізації технологічних параметрів із застосуванням математичного апарату теорії ігор.*

### ВСТУП

Участь України у проєкті з розвитку Міжнародного Транспортного коридору Південь – Захід, який розрахований на доставку вантажів з Індії до Європи, передбачає не тільки отримання країною доступу до міжнародного ринку транспортно-логістичних послуг, а й проведення політики з розвитку перевезення вантажів у контейнерах, розробки єдиних тарифів та уніфікованої документації. Організація інтермодальних контейнерних перевезень в ланцюгах постачань передбачає отримання оптимальної схеми доставки при найбільш раціональному поєднанні діяльності суб'єктів транспортного ринку орієнтовної на ресурсні можливості кожного з них, а також до вимог замовника, за умовою функціонування системи на принципах кооперації учасників [1]. В роботах авторів [2–3] проаналізовано сучасні підходи щодо оцінювання синергетичного ефекту в складних системах та запропоновано, з урахуванням зазначених недоліків, методології оцінки. Однак, слід зазначити про відсутність підходу щодо кількісної оцінки розподілу економічної складової загального синергетичного ефекту з урахуванням не тільки властивостей системи, але й інтересів всіх суб'єктів процесу окремо. В зв'язку з зазначеними сучасними тенденціями розвитку, що сприяють інтеграції національної транспортної системи у міжнародну, актуальним питанням постає мета досліджень – розробка моделі визначення синергетичного ефекту при функціонуванні системи інтермодальних перевезень між її учасниками.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Основою для моделювання процесу взаємодії суб'єктів транспортного ринку при організації інтермодальних перевезень вантажів у контейнерах в ланцюжку постачань є інтегрована система, представлена в роботі [2], до складу якої належать модулі просування матеріального потоку в інтегрованій системі інтермодальних контейнерних перевезень, відповідно, вантажовласника ( $F_C$ ), оператора інтермодальної доставки вантажів ( $F_{FW}$ ),  $s$ -го терміналу відправлення або призначення ( $F_{T,s}$ ) та  $z$ -го магістрального перевізника ( $F_{TR^z}$ ).

Інтеграційний взаємозв'язок модулів повинен забезпечуватися на підставі синхронізації технологічних параметрів та функціонування учасників на принципах кооперації, за рахунок чого передбачається скорочення терміну просування контейнеропотоку в ланцюзі постачання та отримання загального синергетичного ефекту функціонування інтегрованої системи

$$\Omega = f\{E_C, E_T, E_{TR}\}, \quad (2)$$

де  $E_C, E_T, E_{TR}$  – ефект, відповідно, вантажовласника ( $C$ ), терміналу ( $T$ ) та магістрального перевізника ( $TR$ ) за рахунок синхронізації технологічних процесів в пунктах «стикування» діяльності учасників на умовах кооперації.

В основі кількісної оцінки синергетичного ефекту функціонування системи передбачається визначення економії сумарних витрат на виконання технологічних операцій в кожному модулі системи окремо, а також в пунктах «стикування» діяльності учасників доставки в результаті взаємоузгоджених дій учасників та синхронізації технологічних параметрів процесу, що дозволяє отримати ефект більший, ніж від вибору оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у контейнерах, зокрема.

Ефект, який може отримати вантажовласник від синхронізації технологічних процесів у модулі «Транспортно-виробничий комплекс» (ТВК)

$$E_C = \Delta Z_c = \Delta Z_{\text{нак}}(\Delta t_{\text{нак}}) + \Delta Z_{\text{синхр}}^{\text{ТВК}}(\Delta t_{\text{оч}}) + \Delta Z_{\text{Ц}}^{\text{ТВК}}(\Delta T_{\delta}), \quad (3)$$

де  $\Delta Z_{\text{нак}}(\Delta t_{\text{нак}})$  – економія витрат «вантажовласника» в модулі ТВК внаслідок прискорення часу накопичення партії вантажів на складі при застосуванні раціональної кількості виробничих ресурсів, грн/доб.;  $\Delta Z_{\text{синхр}}^{\text{ТВК}}(\Delta t_{\text{оч}})$  – економія витрат «вантажовласника» в модулі ТВК за умов синхронізації технологічних процесів в пункті ТВК внаслідок узгоджених дій вантажовласника та терміналу, які зменшують час очікування обслуговування як навантажувального устаткування, так і транспортних засобів, які знаходяться під навантаженням (розвантаженням), грн/доб.;  $\Delta Z_{\text{Ц}}^{\text{ТВК}}(\Delta T_{\delta})$  – економія витрат вантажовласника, пов'язаних з достроковим вивільненням обігових коштів внаслідок прискорення терміну доставки партії контейнерів, грн/доб.

Ефект, який може отримати термінал відправлення (призначення) від узгодженості дій учасників в пунктах «стикування» діяльності та синхронізації технологічних процесів у модулі «Термінал»,

$$E_T = \Delta Z_T = \Delta Z_{\text{нак}}^T(\Delta t_{\text{обр}}^T) + \Delta Z_{\text{синхр}}^T(\Delta t_{\text{оч}}^T), \quad (4)$$

де  $\Delta Z_{\text{нак}}^T(\Delta t_{\text{обр}}^T)$  – економія витрат «терміналу» внаслідок прискорення часу на переробку партії вантажів на терміналі магістрального транспорту при застосуванні раціональної кількості виробничих ресурсів, грн/доб.;  $\Delta Z_{\text{синхр}}^T(\Delta t_{\text{оч}}^T)$  – економія витрат «терміналу» за умов синхронізації технологічних процесів на терміналі внаслідок узгоджених дій вантажовласника та терміналу, які зменшують час очікування обслуговування як навантажувального устаткування, так і транспортних засобів, які знаходяться під розвантаженням (навантаженням), грн/доб.

Ефект, який може отримати учасник – «Магістральний транспорт» від взаємодії з учасниками інтермодальних контейнерних перевезень на принципах кооперації

$$E_{TR} = \Delta Z_{TR} = \Delta Z_n(\text{ТТСД}^{\text{opt}}) + \Delta Z_{\text{синхр}}^{\text{TR}}(\Delta t_{\text{оч}}), \quad (5)$$

де  $\Delta Z_n(\text{ТТСД}^{\text{opt}})$  – економія витрат «магістрального транспорту» за умов вибору оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки партії контейнерів, грн;  $\Delta Z_{\text{синхр}}^{\text{TR}}(\Delta t_{\text{оч}})$  – економія витрат «магістрального транспорту» за умов синхронізації технологічних процесів на терміналі внаслідок узгоджених дій терміналу та магістрального транспорту на принципах кооперації, які зменшують час очікування обслуговування транспорту під навантаженням (розвантаженням), грн/доб.

Задачу розподілу синергетичного ефекту між учасниками, за необхідністю врахування узгодження інтересів кожного з них, при взаємодії на вищезазначених принципах, пропонується вирішувати за допомогою теоретико-ігрового підходу із застосуванням кооперативних ігор, в основу яких покладено раціональний розподіл загального виграшу між членами коаліції. Основною ідеєю теорії кооперативних ігор є аналіз можливих результатів переговорів та їх реалізацію, не розглядаючи самого переговорного процесу.

При кооперативному підході передбачається створення множиною гравців  $I = \{C, T, TR\}$  коаліції  $S \subset I$  з власними інтересами та можливостями впливу на результат гри. Виграш оператора інтермодальної доставки вантажів дорівнює величині прибутку, який отримує на підставі укладеного договору на обслуговування вантажовласника. Тому, слід зазначити, що надалі розглядатимуться ігри 3-х учасників. Характеристичною функцією гри  $v(S)$ , визначеною на підмножині  $I$ , є виграш, який можуть гарантувати собі в сумі усі учасники коаліції  $S$  [3].

$$\mathfrak{S} = \langle I, v(s) \rangle. \quad (6)$$

Теорія кооперативних ігор передбачає різноманітність концепцій вирішення. При оптимальному розподілі максимального виграшу для визначення переговорної множини доцільно використовувати принцип оптимальності  $C$ -ядра, а принцип справедливого розподілу у формі вектора Шеплі – для кількісної оцінки можливого виграшу кожного гравця.

$C$ -ядром кооперативної гри називається множина всіх її недомінуючих стратегій. Тобто, ядро може бути прийняте в якості рішення гри, оскільки будь-який розподіл виграшу, що належить  $C$ -ядру, стійкий. Серед множинності принципів оптимальної поведінки гравців в кооперативних іграх слід виділити загальні властивості, які задовольняє розподіл гри – вектор виграшів гравців  $\varphi = (\varphi_C, \varphi_T, \varphi_{TR})$  відповідно, «вантажовласника», «термінала» та «магістрального транспорту» колективна раціональність

$$\sum_{i \in I} \varphi_i = v(S), \text{ для } i \in I; \quad (7)$$

індивідуальна раціональність

$$\varphi_i \geq v(i), \text{ для } i \in I. \quad (8)$$

При цьому розв'язок гри може бути визначено графоаналітичним способом. Вектор  $\varphi = (\varphi_C, \varphi_T, \varphi_{TR})$  належить  $C$ -ядру, коли

$$\varphi_C + \varphi_T + \varphi_{TR} = v. \quad (9)$$

Цю множину виграшів можна представити у тривимірному просторі, при розв'язанні системи лінійних нерівностей, які відповідають зазначеним умовам, (рис. 1). Контрактна крива (множина Парето-оптимальних розподілів), при цьому, має вигляд

$$\{\varphi = (\varphi_C, \varphi_T, \varphi_{TR}) \mid \varphi_C + \varphi_T + \varphi_{TR} = v; \varphi_C \geq \Delta Z_C; \varphi_T \geq \Delta Z_T; \varphi_{TR} \geq \Delta Z_{TR}\}. \quad (10)$$

Перша умова виразу (10) означає, що величини розподілів виграшу належать одній площині. Інші умови описують трикутник в цій площині –  $UVQ$ . Вершинами трикутника є точки, які відповідають значенням найменших можливих виграшів гравців, які вони можуть отримати, не вступаючи в коаліцію з іншими гравцями.

Враховуючи критерій приналежності величини розподілу виграшу  $C$ -ядру для кожної коаліції  $K$ , яку можуть утворити учасники між собою в межах коаліції  $S$ , на компоненти вектора виграшів гравців  $\varphi = (\varphi_C, \varphi_T, \varphi_{TR})$  накладаються умови у вигляді системи лінійних нерівностей (11), де перша нерівність – умова, за якою «вантажовласник» узгоджує роботу ТВК тільки з «терміналом» ( $K = \{C, T\}$ ), друга – «вантажовласник» узгоджує роботу ТВК тільки з «магістральним транспортом» ( $K = \{C, TR\}$ ), третя – «термінал» узгоджує роботу тільки з «магістральним транспортом» ( $K = \{T, TR\}$ )

$$\begin{aligned} K = \{C, T\} & \quad \varphi_C + \varphi_T \geq \Delta Z_C + \Delta Z_T \Rightarrow \varphi_{TR} \leq v - (\Delta Z_C + \Delta Z_T); \\ K = \{C, TR\} & \quad \varphi_C + \varphi_{TR} \geq \Delta Z_C + \Delta Z_{TR} \Rightarrow \varphi_T \leq v - (\Delta Z_C + \Delta Z_{TR}); \\ K = \{T, TR\} & \quad \varphi_T + \varphi_{TR} \geq \Delta Z_T + \Delta Z_{TR} \Rightarrow \varphi_C \leq v - (\Delta Z_T + \Delta Z_{TR}). \end{aligned} \quad (11)$$

Результати розв'язання системи відображаються графічно у вигляді прямих, паралельних сторонам трикутника, відповідно,  $BA$ ,  $PN$ ,  $CD$ . Область  $XSM$ , яка утворюється перетином побудованих прямих є  $C$ -ядром гри у вигляді трикутника, вершинами якого є точки, які відповідають граничним значенням переговорної множини максимально можливих виграшів кожного з гравців коаліції, відповідно «вантажовласника» (точка  $X$ ), «терміналу» (точка  $S$ ) та «магістрального транспорту» (точка  $M$ ).

Для кооперативної гри 3-х осіб, коли  $C$ -ядро не пуста, повинна виконуватися нерівність

$$v(C, T) + v(C, TR) + v(T, TR) \leq 2v(C, T, TR). \quad (11)$$

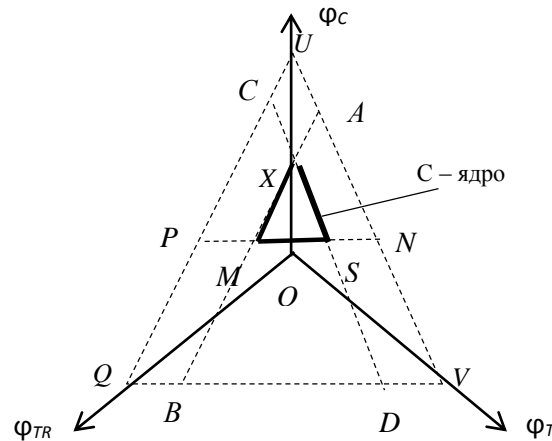


Рисунок 1 – Графічний розв’язок кооперативної гри за принципом оптимальності C-ядра

Для кількісної оцінки можливого виграшу кожного гравця доцільно використовувати принцип справедливого розподілу у формі вектора Шеплі, зміст якого такий: гранична величина, яку вносить  $i$ -й гравець в коаліцію  $S$ , вважається виграшем  $i$ -го гравця  $\varphi_i(v)$  [3]

$$\varphi_i(v) = \sum_S \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} \cdot (v(s) - v(s \setminus i)), \quad (12)$$

де  $n$  – кількість гравців – учасників коаліції  $S$ .

Наприклад, для гравця «вантажовласника» гранична величина виграшу визначатиметься таким чином:

$$\begin{aligned} \varphi_C(v) = & \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!} \cdot \Delta 3_C + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} \cdot (\Delta 3_C + \Delta 3_T) + \\ & + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!} \cdot (\Delta 3_C + \Delta 3_{TR}) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!} \cdot (\Delta 3_C + \Delta 3_T + \Delta 3_{TR}) \end{aligned} \quad (13)$$

За допомогою вектора Шеплі можливо кількісно оцінити розподіл сумарної величини синергетичного ефекту між учасниками в залежності від вкладу кожного з них при функціонуванні на вищезазначених принципах, що дозволить врахувати інтереси окремих суб’єктів доставки.

## ВИСНОВКИ

Запропонована модель визначення синергетичного ефекту при організації інтермодальних контейнерних перевезень в ланцюгах постачань передбачає врахування не тільки узгодженого характеру взаємодії на принципах кооперації учасників доставки за рахунок синхронізації технологічних процесів, а також і інтересів всіх суб’єктів процесу доставки при розподілі економічної складової величини загального ефекту. Застосування ігрового підходу для оцінки величини складових синергетичного ефекту кожного з учасників доставки дозволить отримувати інформаційну підтримку прийняття рішень при стратегічному плануванні ланцюга постачань та виборі учасників доставки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Орда О. О. Формалізація процесу взаємодії суб’єктів транспортного ринку при інтермодальних контейнерних перевезеннях / О. О. Орда, Н. Ю. Шраменко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2016. – № 2(6). – С. 167–175.

2. Шраменко Н. Ю. Методологія оцінки синергетичного ефекту при термінальній системі доставки вантажів / Н. Ю. Шраменко // Актуальні проблеми економіки. – 2016. – Вип. 8(182). – С. 439–444.

3. Наумов В. С. Распределение синергетического эффекта между субъектами рынка транспортных услуг / В. С. Наумов // Зб. наук. праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. – 4. – С. 85–88.

4. Орда О. О. Модель синхронізації технолого-логістичних параметрів інтермодальних контейнерних перевезень в ланцюгах постачань / О. О. Орда, Є. В. Нагорний // International academy journal Web of Scholar: RS Global Media. – 2017. – № 6(15). – С. 10–15.

5. Петросян Л. А. Теория игр : учеб. пособие для ун-тов / Л. А. Петросян, Н. А. Зенкевич, Е. А. Семина – М. : Высш. шк., Книжный дом «Университет», 1998. – 304 с:

#### REFERENCES

1. Orda O. O., Shramenko N. Yu. Formalizatsiya protsesu vzayemodiyi sub'yektiv transportnoho rynku pry intermodal'nykh konteynerykh perevezennyakh [The formalization of the interaction of the transport market participants in intermodal container transportation] Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti - LNTU Publ., Luts'k, 2016, Vol. 2(6), pp. 167-175.

2. Shramenko N. Yu. Metodolohiya otsinky synerhetychnoho efekta pry terminal'niy systemi dostavky vantazhiv [Methodology for evaluation of synergy effect in terminal cargo delivery system] Aktual'ni problemy ekonomiky, 2016, Vol. 8(182), pp. 439-444.

3. Naumov V. S. Raspredeleye synerhetycheskoho effekta mezhdub sub'yektamy rynku transportnykh usluh [Distribution of the synergetic effect between transportation services market subjects] Zb. nauk. prats' DNUZT im. ak. V. Lazaryana, 2012, Vol 4, pp.85 – 88.

4. Nahorny ye.V., Orda O.O. Model' synkhronizatsiyi tekhnoloho-lohistychnykh parametriv intermodal'nykh konteynerykh perevezen' v lantsyuhakh postachan' [The model of technological and logistic parameters' synchronization of intermodal container transportation in supply chains] International academy journal Web of Scholar: RS Global Media, 2017, Vol. 6(15), pp. 10-15.

5. Petrosyan L. A., Zenkevych N. A., Semyna E. A. Teoryya yhr [Game Theory], Moskow.: «Unyversytet» Publ., 1998, 304 p.

О. О. Орда<sup>1</sup>

### МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Запропоновано модель визначення синергетичного ефекту при функціонуванні системи інтермодальних перевезень між її учасниками на принципах кооперації, яка враховує інтеграційний взаємозв'язок модулів системи. Діяльність учасників інтермодальної доставки вантажів у контейнерах обумовлена необхідністю синхронізації технолого-логістичних параметрів технологічних процесів. В основі кількісної оцінки синергетичного ефекту функціонування всієї системи та окремо кожного з учасників передбачається визначення економії сумарних витрат на виконання технологічних операцій в кожному модулі системи окремо, а також в пунктах «стикування» діяльності учасників. Задачу розподілу синергетичного ефекту між учасниками, за необхідністю врахування узгодження інтересів кожного з них, при взаємодії на вищезазначених принципах пропонується вирішувати за допомогою теоретико-ігрового підходу із застосуванням кооперативних ігор, в основу яких покладено раціональний розподіл загального виграшу між членами коаліції при застосуванні кожним з них раціональних стратегій поведінки.

**Ключові слова:** інтермодальні перевезення, синхронізація, кооперація, синергетичний ефект, теорія ігор.

Орда Олександра Олександрівна, аспірант кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: kost.alexandra@gmail.com

## MODEL FOR DETERMINATION OF SYNERGY EFFECT IN ORGANIZATION OF INTERMODAL CONTAINER TRANSPORTATION IN SUPPLY CHAINS

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University

The model of the synergy effect determination in intermodal transportation system between its participants on the principles of cooperation, which takes into account the integration of the system's modules, is offered. The participants' functioning in intermodal containers' cargo delivery is provided by the need for the synchronization of technological and logistic parameters. In the basis of the synergy effect quantitative estimation of the whole system's and of each participants' functioning, it is expected the determination of the total costs saving for the implementation of technological operations in each system's module and in the points of the participants' interaction. The decision of the synergistic effect distribution task between the participants in the interaction with considering of each of them the interests' coordination is proposed. It is based on the game-theoretic approach with the use of cooperative games, in which the rational distribution of the total winnings between the coalition's members is based on the use rational behavior strategies of each player.

**Key words:** intermodal transportation, synchronization, cooperation, synergy effect, game theory.

*Orda Alexandra*, post graduated of Transport Technologies Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: kost.alexandra@gmail.com

A. A. Орда<sup>1</sup>

## МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ЦЕПЯХ ПОСТАВКИ

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Предложена модель определения синергетического эффекта при функционировании системы интермодальных перевозок между ее участниками на принципах кооперации, которая учитывает интеграционную взаимосвязь между модулями системы. Деятельность участников интермодальной доставки грузов в контейнерах обусловлена необходимостью синхронизации технологических параметров технологических процессов. В основе количественной оценки синергетического эффекта функционирования всей системы и каждого участника в отдельности предполагается определение экономии суммарных затрат на выполнение технологических операций в каждом модуле системы, а также в пунктах «стыковки» деятельности участников. Задачу распределения синергетического эффекта между участниками, при необходимости учета интересов каждого из них, при взаимодействии по указанным принципам предлагается решать при помощи теоретико-игрового подхода с применением кооперативных игр, в основу которых положено рациональное распределение общего выигрыша между членами коалиции при применении каждым из них рациональных стратегий поведения.

**Ключевые слова:** интермодальные перевозки, синхронизация, кооперация, синергетический эффект, теория игр

*Орда Александра Александровна*, аспирант кафедры транспортных технологий, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: kost.alexandra@gmail.com