

УДК 656.13

## 3D-MODEЛЬ ВЗАЄМОДІЇ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

Кунда Н.Т., Бабина Д.А.

## 3D MODELLING OF INTEROPERABLE MULTIMODAL TRANSPORTATION

Kunda N.T., Babyna D.A.

*У статті досліджено економічний аспект пошуку раціонального методу організації та гармонізації взаємодії різних видів транспорту при виконанні міжнародних перевезень вантажів. З метою забезпечення ефективної взаємодії різних видів транспорту та формування змішаного сполучення перевезення вантажів, з урахуванням, в першу чергу, потреб споживача транспортної послуги, запропоновано виконувати 3D-моделювання взаємодії сукупності доступних видів транспорту. За основу для моделювання було взято основні принципи теорії споживання. Побудована 3D-модель сприяє впровадженню принципів концепції синхромодальності як засобу збільшення конкурентоспроможності транспортної системи України.*

**Ключові слова:** 3D-модель, взаємодія видів транспорту, синхромодальність, інтероперабельність, теорія споживання, бюджетне обмеження споживача транспортної послуги.

**Вступ.** Проблема гармонізації взаємодії різних видів транспорту набула особливого значення в рамках інтеграції інфраструктури країн-учасниць ЄС в єдину транспортну систему, а також в результаті поширення глобалізаційних процесів усіх галузей суспільного виробництва. З точки зору транспортного процесу, перевезення різними видами транспорту є доволі вигідним сполученням переваг окремо взятих видів транспорту та нівелюванням їх недоліків.

**Постановка проблеми.** Пошук найбільш раціонального методу організації взаємодії різних видів транспорту – з технічної, технологічної, економічної та екологічної точки зору – є актуальною проблемою сьогодення для організаторів транспортного процесу. Авторами пропонується до розгляду принципово новий метод організації взаємодії різних видів транспорту, економічно вигідний для споживача транспортної послуги, який полягає у пошуку оптимального синергетичного ефекту при взаємодії сукупності різних видів транспорту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Технологічний аспект гармонізації взаємодії різних видів транспорту досліджувалася такими вітчизня-

ними науковцями, як Нагорний Є.В., Біловодська О.А. та Заболотній С.В. Економічну ефективність при мультимодальних перевезеннях досліджували Загурський О.М. та Волинець Л.М. Використання інструментарію економічної теорії споживання для моделювання транспортних процесів вперше було запропоновано Смаховим А.О.

**Мета статті.** Для досягнення максимальної ефективності взаємодії різних видів транспорту при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні пропонується розглянути економічні показники транспортного процесу сукупності різних видів транспорту, не відокремлюючи кожен із них окремо. Такий підхід дозволить врахувати питомий вплив особливостей кожного виду транспорту та сумарний синергетичний ефект забезпечення максимального задоволення кінцевого споживача транспортної послуги.

**Результати досліджень.** В ході попереднього дослідження авторів щодо використання такого інструменту теорії споживання, як графоаналітична крива [1], було використано інтегральні технічні показники кожного виду транспорту, який використовувався на міжнародному маршруті м. Одеса (Україна) – м. Гамбург (Німеччина). Аналіз результатів дослідження показав, що такий підхід не враховує сукупного синергетичного ефекту при взаємодії різних видів транспорту. Тому пропонується використання індивідуальної кривої для одночасної оцінки трьох видів транспорту – водного, залізничного та автомобільного. Для цього досліджувану індивідуальну криву пропонується зобразити у 3D-площині.

Такий підхід дозволить чітко окреслити області інтероперабельності (експлуатаційної сумісності) різних видів транспорту, враховуючи сукупний економічний ефект для кінцевого споживача. Забезпечення інтероперабельності дозволить сформулювати передумови до інтеграції транспортної системи України у єдину гармонізовану транспортну систему ЄС, таким чином забезпечивши конкурентоспроможність та ефективність функціонування транс-

портної галузі, а разом і всіх інших (оскільки транспорт є потенційно важливою зв'язною ланкою) галузей суспільного виробництва [2].

Крім того, системний аналіз технологічних показників різних видів транспорту сприятиме розвитку та забезпеченню функціонуванню в Україні принципу синхромодальності. Концепція синхромодальності була сформована як нова віха у розвитку змішаних перевезень після унімодальності, мультимодальності та інтермодальності з метою максимально можливого використання вантажомісткості рухомого складу (рис. 1).

Концептуальні засади синхромодальності передбачають використання залізничного та внутрішнього водного (та/або морського) видів транспорту як переважаючих видів транспорту та гармонізовану перевалку з них на автомобільний транспорт для доставки «від дверей до дверей» [3]. За Холлером (Holler) синхромодальність «повинна сприяти міжгалузевій, міжнародній та транснаціональній співпраці усіх учасників логістичного ланцюга в межах гармонізованої системи інформаційних та транспортних комунікацій для забезпечення максимальної гнучкості та можливості зміни будь-якого виду транспорту в режимі реального часу за умови виникнення збоїв».

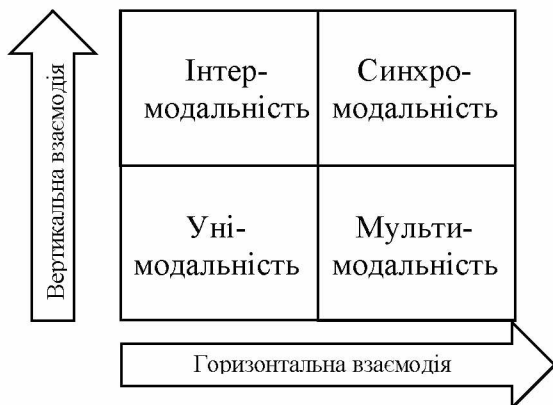


Рис. 1. Види взаємодії різних видів транспорту

При використанні принципу синхромодальності перевезник завчасно отримує інформацію лише щодо базових умов поставки (транспортні витрати, тривалість рейсу та підтвердження надійності інших учасників зовнішньоекономічної операції). Такі особливості синхромодальності забезпечуватимуть оптимізацію наявних ресурсів (транспортних одиниць, рухомого складу, складських приміщень тощо) [4]. Принцип синхромодальності неможливий без: забезпечення прозорості логістичного ланцюга (інтегровані процеси обміну інформацією), використання сучасних інноваційних телекомунікаційних технологій, ефективної взаємодії усіх учасників процесу перевезення, використання системного підходу до координації усіх процесів логістичного ланцюга, наявності гнучкої та безперебійної технології перевалки вантажів з одного виду транспорту на ін-

ший, безкоштовного бронювання усього або частини рухомого складу та консолідації вантажопотоків (рис. 2).

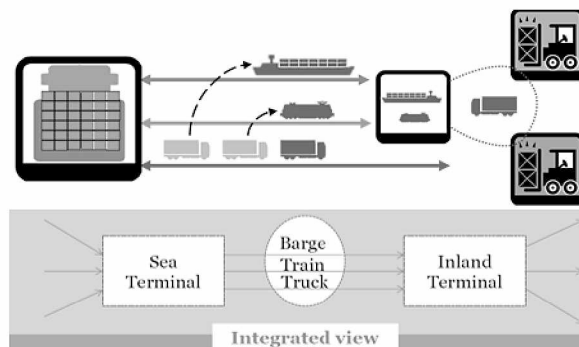


Рис. 2. Принцип синхромодальності

У ЄС принцип синхромодальності активно використовується в Бельгії, Нідерландах та Люксембургу. Де синхромодальність в першу чергу являє собою перепланування маршрутів руху в режимі реального часу в межах наявної транспортної мережі з метою уникнення затримок та збоїв у процесі перевезення; та засіб максимально швидкого реагування на зміни у потребах споживача транспортних послуг [5].

На території ЄС також діє нормативно-правовий акт, прийнятий урядом з метою підтримки та сприяння впровадженню принципу синхромодальності – Європейська Технологічна Платформа Інноваційного логістичного об'єднання шляхом взаємозв'язків у ЄС (European Technology Platform “Alliance for Logistics Innovation through collaboration in Europe”) (ETP-ALICE)) [6]. Відповідно до даної платформи синхромодальність є першим та визначним кроком до розвитку транспортної системи ЄС у 2040 році.

З метою забезпечення виконання положень Національної транспортної стратегії України до 2030 року та ETP-ALICE пропонується авторами пропонується виконати 3D-моделювання сукупності різних видів транспорту з метою ефективної організації їх взаємодії.

Для вхідних даних приймаємо, що мультимодальне перевезення може виконуватися автомобільним, залізничним та морським видами транспорту; вантаж – обладнання для дому, яке перевозиться у повністю завантаженому (FCL) 40-футовому контейнері за маршрутом м. Одеса (Україна) – с. Гамбург (Німеччина). Ставка фрахту станом на 19.04.2019 [7-8] за один завантажений контейнер для автомобільного транспорту коливається від 1 082 до 1 837 дол. США; для залізничного виду транспорту – від 2 938 до 4 125 дол. США; для морського виду транспорту – від 450 до 555 дол. США. Зазначимо, що принципове рівняння індиферентної кривої кожного одиничного виду транспорту приймаємо рівним рівнянню параболі:

$$x_2 = x_2^2 - ax_2 + q, \quad (1)$$

де  $a, q$  – параметри параболі.

Запропонована 3D-модель поєднання сукупності різних видів транспорту передбачає побудову парабол як площин на трьохвісній координатній площині. Оскільки пряма бюджетного обмеження не належить до кривих другого порядку, вона не може бути відображена на 3D-моделі [9]. Тому запропонована модель може бути використана лише для порівняльного аналізу тарифної політики різних видів транспорту, які можливі до використання. Для визначення найбільш доцільного мультимодального сполучення із відображенням бюджетного обмеження на кривій індивідуальності, потрібно використовувати карту індивідуальних кривих [10].

Із використанням програмного забезпечення Graficus.ru [11] було збудовано 3D-модель поєднання сукупності різних видів транспорту (рис. 3). На рис. 3 нижня площина є представленням автомобільно-морського сполучення (із заміщенням морського виду транспорту автомобільним), а верхня – автомобільно-залізничного сполучення (із заміщенням залізничного виду транспорту автомобільним). За даних вхідних умов, враховуючи різницю у ставках фрахту, споживачу транспортної послуги доступно два види сполучення.  $P_{мор}$ , дол. США

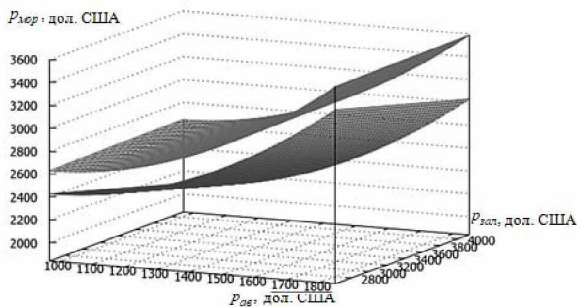


Рис. 3. 3D-модель поєднання автомобільного, залізничного та морського видів транспорту

Для визначення найбільш вигідного для споживача, скористаємося бюджетним обмеженням:

$$C_0 = p_1 x_1 + p_2 x_2, \quad (2)$$

де  $p_1, p_2$  – тарифи на перевезення відповідно для першого та другого видів транспорту;

$x_1, x_2$  – цінність транспортної послуги відповідного виду транспорту для споживача (визначаємо за допомогою МНК).

За результатами розрахунків бюджетне обмеження для автомобільно-морського сполучення на 98% менше, ніж бюджетне обмеження для автомобільно-залізничного сполучення. Тому, з урахуванням бюджетного обмеження споживачу транспортної послуги, автомобільно-морське сполучення є економічнішим.

**Висновок.** З метою сприяння розвитку, забезпечення конкурентоспроможності та ефективності транспортної системи України пропонується використовувати принципи концепції синхромодальності та інтераперабельності. Авторами пропонується здійснення 3D-моделювання взаємодії сукупності різних видів транспорту для забезпечення даних принципів. В статті було побудовано 3D-модель поєднання автомобільного, залізничного та морського видів транспорту та визначено, що за заданих умов, споживач транспортної послуги матиме вибір між автомобільно-морським та автомобільно-залізничним сполученням. Згідно із бюджетним обмеженням, за умови перевезення вантажів у автомобільно-морському сполученні, споживачу транспортної послуги вдасться зекономити на 98% більше коштів, ніж у автомобільно-залізничному сполученні.

### Література

1. Кунда Н.Т. Графоаналітична модель комбінації двох видів перевезень / Н.Т. Кунда, Д.А. Бабина // Вісник НТУ, серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2018. – Вип.1(40), с.170-177.
2. Офіційний сайт ВРУ. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: станом на 19.04.2019 р. / Кабінет Міністрів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>.
3. Reza Karimpour, Fabio Ballini Synchronomodality as a tool for decarbonization and optimization of logistics / On-TheMoSWay // Shipping, ports and transports, 2018. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://plus.google.com/share?url=https://www.onthemosway.eu/synchronomodality-as-a-tool-for-decarbonization-and-optimization-of-logistics/>.
4. Haller, A., Pfoser, S., Putz, L.-M., Schauer, O. 2015. Historical Evolution of Synchronomodality: A First Step Towards the Vision of Physical Internet. Proceedings of the Second Physical Internet Conference, 6-8 July, Paris, France.
5. Tomas Ambra, An Caris, Cathy Macharis Toward freight transport system unification: reviewing and combining the advancements in the physical internet and synchronomodal transport research / ResearchGate // International Journal of Production Research, 2018. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/326224192>.
6. Alliance for logistics innovation through collaboration in Europe. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.etp-logistics.eu/>.
7. Офіційний сайт SeaRates LTD: Pricing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.searates.com/services/distances-time/>.
8. Офіційний сайт World Freight Rates: Freight Calculator & Current Market Rate [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.worldfreightrates.com/en/freight>.
9. Гавриленко В.В., Величко К.С., Алексєнко К.М. Mathcad в інженерних розрахунках. Частина 1. Посібник для студентів інженерних спеціальностей НТУ / Укл. В.В. Гавриленко, К.С. Величко, К.М. Алексєнко. – К.: НТУ, 2004. – 127 с.
10. МИКРОЕКОНОМІКА 8-е изд., пер. и доп. ... и практикум для академического бакалавриата / Е. Б. Яковлева [и др.] ; под общ. ред. Е. Б. Яковлевой. – 8-изд., пер. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 355 с.

11. Офіційний сайт Graficus.ru [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://grafikus.ru>.

### References

1. Kunda N.T., Babyna D.A. The combination of two modes of transport by semigraphical model. Visnyk of NTU. Technical sciences. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 1(40), p.170-177.
2. Official site of the Verkhovna Rada of Ukraine. The National strategy for the development of transportation till 2030 year / The Chamber of Ministers. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>.
3. Reza Karimpour, Fabio Ballini Synchronomodality as a tool for decarbonization and optimization of logistics / On-TheMoSWay // Shipping, ports and transports, 2018 Retrieved from <https://plus.google.com/share?url=https://www.onthemosway.eu/synchronomodality-as-a-tool-for-decarbonization-and-optimization-of-logistics/>.
4. Haller, A., Pfoser, S., Putz, L.-M., Schauer, O. 2015. Historical Evolution of Synchronomodality: A First Step Towards the Vision of Physical Internet. Proceedings of the Second Physical Internet Conference, 6-8 July, Paris, France.
5. Tomas Ambra, An Caris, Cathy Macharis Toward freight transport system unification: reviewing and combining the advancements in the physical internet and synchronomodal transport research / ResearchGate // International Journal of Production Research, 2018. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/326224192>.
6. Alliance for logistics innovation through collaboration in Europe. Retrieved from <http://www.etp-logistics.eu/>.
7. Official site of SeaRates LTD: Pricing Retrieved from <https://www.searates.com/services/distances-time/>.
8. Official site of World Freight Rates: Freight Calculator & Current Market Rate. Retrieved from <https://www.worldfreightrates.com/en/freight>.
9. Havrylenko V.V., Velychko K.S., Aleksieienko K.M. Using the Mathcad for the engineering. Part 1. The training manual for students of NTU specializing in Engineering / V.V. Havrylenko, K.S. Velychko, K.M. Aleksieienko – Kyiv: NTU, 2004. – 127 p.
10. Microeconomy the 8 volume, and training manual for those who is obtaining Bachelor's degree / E. B. Yakovleva etc. – Moscow : Yurait Publishing house, 2018. – 355 p.
11. Official site of Graficus.ru. Retrieved from <http://grafikus.ru>.

### Кунда Н.Т., Бабина Д.А. 3D-модель взаимодействия различных видов транспорта.

*В статье было исследовано экономический аспект поиска рационального метода организации и гармонизации взаимодействия разных видов транспорта при международных грузовых перевозках. С целью обеспечения эффективности взаимодействия разных видов транспорта и формирования смешанного сообщения перевозки грузов, с учетом, в первую очередь, потребностей потребителя транспортной услуги, предложено выполнить 3D-моделирование взаимодействия совокупности доступных видов транспорта. За основу для моделирования были взяты основные принципы теории потребления. Составленная 3D-модель способствует внедрению принципов концепции синхромодальности как средства увеличения конкурентоспособности транспортной системы Украины.*

**Ключевые слова:** 3D-модель, взаимодействие видов транспорта, синхромодальность, интероперабельность, теория потребления, бюджетное ограничение потребителя транспортной услуги.

### Kunda N.T., Babyna D.A. 3D modelling of interoperable multimodal transportation.

*The main objectives of this paper are to examine and find out the most efficient way of managing smooth multimodal transportation within the economic dimension. In order to manage the interoperability of different modes of transport and design the effective multimodal transportation of goods we offer to use the 3D simulation of multimodal transportation of goods. It also can help the logistics manager to meet the customers' requests in much more easy way and be flexible enough to re-route the whole transportation, if necessary. The consumption theory methodology was used to make the mentioned 3D model. Which therefore provides proper conditions for implementation of synchronomodal transportation in Ukraine. The main advantages of the synchronomodality for our country can be the following: increasing the profitability, enabling the competition roll-out and improving the quality of the customers' service.*

**Keywords:** 3D simulation, the collaboration of different modes of transport, synchronomodality, interoperability, the budget constraint of mobility consumer

**Кунда Н. Т.** – к.т.н, Національний транспортний університет, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: [ntkunda@gmail.com](mailto:ntkunda@gmail.com).

**Бабина Д.А.** – магістр кафедри міжнародних перевезень і митного контролю, Національний транспортний університет, e-mail: [lalka\\_motalka@ukr.net](mailto:lalka_motalka@ukr.net).

*Рецензент:* д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 12.04.2019