

OPTIMIZATION OF THE CARRIAGE OF TRANSIT GOODS BY ROAD BETWEEN TWO PORTS AS PART OF MULTIMODAL TRANSPORT WITH A REQUIREMENT FOR PROMPT DISCHARGE OF THE VESSEL¹⁴

Boril Ivanov, Eng.

Department of Transport,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: (+359) 082 888 605
E-mail: bivanov@uni-ruse.bg

Abstract: *The report presents a mathematical model for synchronizing the port cargo handling operations with vehicles' scheduling in transit of large cargo lots between two port terminals as part of a multimodal supply chain. The option and sub-options considered prioritize fastest possible discharge of the vessel providing unloading of the entire shipment at the initial port and subsequent dispatch at a calculated interval without a planned detention of the vehicles at the receiving port.*

Keywords: *freight transport, multimodal transport, road transport, port-to-port transit, mathematical model, minimizing trucks' detention.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Изследванията в областта на мултимодалния транспорт засягат отделни негови елементи и използват различни подходи за оптимизация на процесите и разходите.

Те могат да бъдат избор на оптимален маршрут и комбинация от видове транспорт по отсечки (Apichit Manee A., Laotaweesub W., Udomsakdigool A., Sripathomswat K., 2012), оптимизация на структурата и процесите в дадено звено от мултимодалната верига (Naumov V., Nagorny I., Litvinova Y., 2015), складова логистика (Volgin V. V., 2012), определяне на оптималния капацитет и местоположение на т. нар. „сухи пристанища“ (Mlinaric T.J., Rogic K., Rozic T., 2011) и др.

В общия случай пристанищата се явяват основни мултимодални и интермодални терминали в транспортните системи на национално и регионално ниво. Разглеждайки връзката по суша между относително близко разположени пристанища, част от мултимодална верига, бе предложена “Методика за избор на схема за организация на пристанищна обработка и автомобилен превоз на транзитни товари между две пристанища като част от мултимодален транспорт“ (Ivanov B., Asenov A., Pencheva V., 2017).

В настоящия доклад се разглежда подробно вторият от представените в методиката (Ivanov B., Asenov A., Pencheva V., 2017) три възможни варианта и съответно подварианти на синхронна работа на пристанищата и подвижния състав. Представеният математически модел е приложим при приоритет за бързо разтоварване на кораба в отправното¹⁵ пристанище или невъзможност за експедиция с автомобили от отправното пристанище по някоя от следните причини:

- Временна невъзможност на получаващото¹⁶ пристанище да приеме товара поради технически проблем или липса на свободни складови площи при отложено подаване на втория кораб за товарене.
- Временна липса на свободни товарни автомобили на пазара.

¹⁴ Докладът е представен на сесия на 25 октомври 2019 с оригинално заглавие на български език: ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРЕВОЗА НА ТРАНЗИТНИ ТОВАРИ ПО ШОСЕ МЕЖДУ ДВЕ ПРИСТАНИЩА КАТО ЧАСТ ОТ МУЛТИМОДАЛЕН ТРАНСПОРТ С ИЗИСКВАНЕ ЗА БЪРЗО РАЗТОВАРВАНЕ НА КОРАБА

¹⁵ За целите на настоящото изследване, отправно пристанище е пристанището, в което се разтоварва първият кораб.

¹⁶ За целите на настоящото изследване, получаващо пристанище е пристанището, в което се товари вторият кораб.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Цялата корабна партида се разтоварва от кораб на склад в отправното пристанище. След приключване на разтоварването, започва товарене от склад на автомобили, като не се предвижда престой на автомобилите в получаващото пристанище.

Приоритет на Вариант 2 (Ivanov B., Asenov A., Pencheva V., 2017): Максимално бързо разтоварване на кораба в отправното пристанище без престой на автомобилите.

Ограничения:

- Вероятна или реална липса на свободни автомобили към момента на пристигане на кораба в отправното пристанище, но към същия момент се залага да е известно след колко време ще се разполага с автомобили.
- Вероятна или реална липса на готовност за обработка в получаващото пристанище към планирания момент на пристигане на първия автомобил в получаващото пристанище;
- В отправното пристанище нормата кораб-склад е по-висока от нормата кораб-автомобил.
- Отправното пристанище няма конкретна възможност за прекъсната обработка на кораба.

Интервал на подаване на автомобилите в отправното пристанище: аналогично на Вариант 1, но съобразен с най-ниската от трите пристанищни норми (склад-автомобил в отправното, автомобил-кораб и автомобил-склад в получаващото пристанище).

Разглеждат се трите възможни подварианта: наличните в момента на пазара автомобили A да са по-малко от A_0 , да са равни на A_0 или да са повече от A_0 .

Подвариант 2.1. Налични товарни автомобили $A < A_0$

За да няма престой на товарните автомобили, те пристигат за товарене в отправното пристанище през интервал, равен на най-голямото от трите времена: за товарене склад - автомобил в отправното и за разтоварване автомобил-склад и автомобил-кораб в получаващото пристанище. Понеже не се разполага с необходимия оптимален брой автомобили за непрекъснат превоз на партидата, ще има интервал между товаренето на последния автомобил и второто пристигане на първия автомобил в отправното пристанище. С цел избягване престой на кораба в получаващото пристанище, автомобилите се разтоварват първоначално на склад. При тръгване на последния автомобил от отправното пристанище, в получаващото започва разтоварване от автомобили на кораб. След разтоварване на последния автомобил, в получаващото пристанище започва товарене от склад на кораб.

Подвариант 2.2. Налични товарни автомобили $A = A_0$

Разликата спрямо Подвариант 2.1. е в това, че при случая с най-ниска норма автомобил-кораб в получаващото пристанище от трите норми, отлагане в подаването на кораба в получаващото пристанище не се налага и вторият кораб се товари директно от автомобили.

Подвариантите $A < A_0$ и $A = A_0$ на варианти 1 и 2 могат да се разглеждат общо като $A \leq A_0$ в математическия модел.

Подвариант 2.3. Налични товарни автомобили $A > A_0$

Както при подвариант 1.3, при подаване на повече от оптималния брой автомобили, ще възникне престой на автомобилите в получаващото пристанище. Този подвариант следва бъде разглеждан отделно, понеже няма икономическа логика той да се прилага в реални условия.

Времето за оборот на автомобил t_0 , (Simeonov D., Pencheva V., 2001) представлява сбор от времето за товаренето му от склад в отправното пристанище в часове плюс два пъти времето за път в часове, плюс времето за разтоварването му директно в кораба в получаващото пристанище в часове.

$$t_0 = t_T + t_{дТ} + t_p + t_{дбТ} [h]$$

В случая, след заместване във формулата, се получава:

$$t_0 = \frac{q \cdot 24}{R_{03}} + \frac{2 \cdot l_{кТ}}{V_T} + \frac{q \cdot 24}{R_{п2}} [h],$$

където:

q – товароносимостта на автомобил $[t]$;

R_{03} – товарната норма в отправното пристанище склад-автомобил [t/24h];
 $R_{п2}$ – разтоварната норма в получаващото пристанище автомобил-кораб [t/24h];
 $l_{кт}$ – дължината на курса с товар [km];
 V_t – техническата скорост на типа автомобил [km/h].

Броят необходими автомобили A_0 за осигуряване непрекъснато товарене през времето на един оборот на автомобил се получава чрез разделяне на времето за един оборот на автомобил на по-голямото от времената за натоварване на един автомобил от склад в отправното пристанище и разтоварването му директно в кораба в получаващото пристанище.

$$A_0 = \text{roundup} \left[\min \left(\frac{t_0 \cdot R_{п2}}{q \cdot 24}, \frac{t_0 \cdot R_{03}}{q \cdot 24} \right), 0 \right].$$

Интервалът между първото пристигане на всеки един автомобил в отправното пристанище I се задава равен на най-голямото от трите времена: за разтоварване автомобил-склад в получаващото пристанище, за натоварване автомобил-кораб в получаващото пристанище и натоварване склад-автомобил в отправното пристанище. (*Корабът в получаващото пристанище се подава със закъснение ако $A < A_0$*)

$$I = \max \left(\frac{q \cdot 24}{R_{п3}}, \frac{q \cdot 24}{R_{п2}}, \frac{q \cdot 24}{R_{03}} \right) [h].$$

Количество Q_0 , натоварено от склад на отправното пристанище по време на първия цикъл на всички налични A на брой автомобили, ще се изчисли по следната формула:

$$Q_0 = A \cdot q [t].$$

Чрез последващо извеждане на формули и съответните изчисления на база зададени параметри (табл.1) се получават следните експлоатационни и финансови резултати:

Таблица 1. Данни за предвидения превоз

Параметри подвижен състав	Мярка	Означение	Стойност
Размер на партидата товар	t	Q	6000
Товароносимост на автомобил	t	q	20
Разстояние между пристанищата	km	Lkt	200
Скорост автомобил	Km/h	Vt	50
Автомобилно навло	Euro/tkm	C1	0,05
Престой на автомобил	Euro/h	C2	2
Налични автомобили	брой	K	10

- Време за разтоварване на първия кораб в отправното пристанище;
- Общо време за обслужване на товара;
- Отлагане в подаването втория кораб в получаващото пристанище спрямо първия кораб;
- Брой пълни курсове на първи от наличните автомобили;
- Интервал при първото отправяне на автомобилите;
- Брой необходими автомобили за пълен цикъл;
- Разход за т/р операции в отправното пристанище;
- Разход за т/р операции в получаващото пристанище;
- Разход за склад в отправното пристанище;
- Разход за склад в получаващото пристанище;
- Общи разходи за транзитиране на партидата товар.

За целите на симулация при разглеждания вариант са използвани осреднени изходни данни за пристанища Варна (Port of Varna EAD, 2016) и Русе (Port Complex Ruse EAD, 2019), (Port Complex Ruse EAD, 2004), както и реалистични примерни данни за подвижния състав, табл.2 и табл.3. При избрания вариант възможностите на морското пристанище, като обработка на товарите и складова площ са по-големи от тези на речното пристанище. Това се дължи на оборудването което имат пристанищата и плавателните съдове, които спират за товаро-разтоварна дейност.

Таблица 2. Данни за отправното пристанище

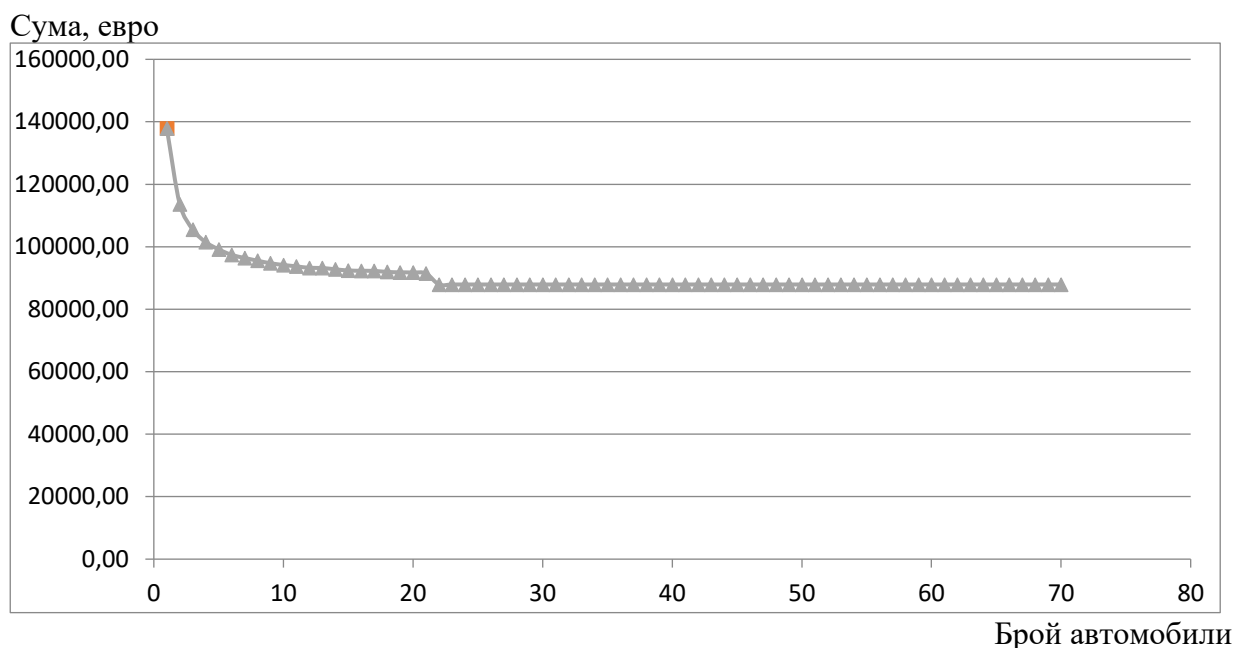
Параметри отправно пристанище	Мярка	Означение	Стойност
Норма кораб-склад	t/24h	Ro1	3000
Норма кораб-автомобил	t/24h	Ro2	2200
Норма склад-автомобил	t/24h	Ro3	2300
Цена кораб-склад	Euro/t	Ckc	2
Цена кораб-автомобил	Euro/t	Cka	2,5
Цена склад-автомобил	Euro/t	Cca	1
Безмагазинажен срок	дни	T1	2
Складови такси	Euro/t24h	Ccko	0,1
Необходимо време за престой в склад	дни	To	0
Демюрейдж за кораба	Euro/h	Cko	100

Таблица 3. Данни за отправното пристанище

Параметри получаващо пристанище	Мярка	Означение	Стойност
Норма склад-кораб	t/24h	Rn1	1500
Норма автомобил-кораб	t/24h	Rn2	1200
Норма автомобил-склад	t/24h	Rn3	1300
Цена склад-кораб	Euro/t	Cck	1
Цена автомобил-кораб	Euro/t	Cak	1,3
Цена автомобил-склад	Euro/t	Cac	0,6
Безмагазинажен срок	дни	T2	1
Складови такси	Euro/t24h	Cckп	0,05
Необходимо време за престой в склад	дни	Tп	0,05
Демюрейдж за кораба	Euro/h	Cкп	80

С така определените данни е изчислена, според необходимия брой автомобили, общата сума за превоза на товара. Резултатите показват, че при налични 70 автомобила, необходими са само 22, понеже разходите са най-малки, фиг.1. В случая, обаче може да не се работи със 70 превозни средства, поради някаква социална или друга причина, понеже разходите след 22-я автомобил са същите. Направената симулация позволява да се планират разходите и предвиди броя на автомобилите, които следва да се ползват за извършване на превоза, като се избира оптималния вариант или друг, който е приемлив за изпълнителя и по-лесен за организиране. Не е подходящо да се използва малък брой автомобили, понеже разходите са много големи 137 890 евро при едно превозно средство, докато при 22 автомобила са 87 916 евро, което е намаление с почти 36%.

Създаденият симулационен модел за избор на брой превозни средства, според приемливите за изпълнителя разходи позволява да се правят предварителни изчисления за подходяща схема за организиране на превоз на товари между две пристанища с различни норми и възможности за работа. Също така могат да бъдат включвани и отчитани характерните местни особености в работата на пристанищата.



Фиг. 1. Изменение на разходите спрямо наличния брой автомобили

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конкретният разгледан вариант осигурява предварително изчисляване на финансови и експлоатационни показатели, важни за сключване на транспортната сделка и организацията на транспортния процес. Впоследствие, чрез използване на широкодостъпни приложения или целево разработен програмен продукт, мултимодалните транспортни оператори биха могли бързо и прецизно да оферират, както и да планират количествено и във времето процесите по веригата. На база графичната зависимост между броя използвани автомобили и общите разходи за транзитиране на партидата товар лесно и бързо могат да се вземат решения, както за броя автомобили, които да се използват, така и да се прогнозира общия бюджет. Доколкото върху зададените параметри на подвижния състав, отправното и получаващо пристанища, практически не може да се влияе, при задаване на различни размери на корабната партида биха се получили различни финансови и експлоатационни резултати и съответно графики. Тези резултати биха могли да се ползват при обратна връзка с товародателя на етап подготовка на търговската и транспортна сделка с цел договаряне на оптимален размер на партидите за постигане на определени финансови или логистични цели.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект № 2019 - ФТ - 02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Apichit Manee A., Laotaweesub W., Udomsakdigool A., Sripathomswat K., (2012), *Applying Dynamic Programming for Solving the Multimodal Transport Problem: A Case Study of Thai Multimodal Transport Operator*; King Mongkut's University of Technology, Thailand, Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012.
- [2] Naumov V., Nagornyi I., Litvinova Y., (2015), *Model of Multimodal Transport Node Functioning*, The Archives of Transport Vol. 36, Issue 4, 2015, e-ISSN (online): 2300-8830, Kharkiv National Automobile and Highway University, Transport Systems Department, Kharkiv, Ukraine.
- [3] Volgin V. V. (2012), *Storage: Logistics, Management, Analysis*, 11th edition, amendments and additions Dashkov & K°, Moscow, ISBN 978-5-394-01944-9. (**Оригинално заглавие:** Волгин

В. В., (2012) *Склад: логистика, управление, анализ, 11-е изд., перераб. и доп.: Дашков и К°; Москва*) ISBN 978-5-394-01944-9.

[4] Mlinaric T.J., Rogic K., Rozic T. (2011), *Methodology for Determining Dry Port System Transport Network - Case Study Port of Rijeka – Zagreb*, Scientific Book, Vol. 10, ISBN 978-3-901509-84-1, ISSN 726-9687, Vienna, 2011.

[5] Ivanov B., Asenov A., Pencheva V., (2017), *Methodology for Selecting a Scheme for Arranging Port Cargo Handling and Port-to-port Carriage of Transit Goods by Road as a Part of Multimodal Transport*, RU&SU '2017, 56th Science Conference of Ruse University, Ruse, ISSN 1311-3321. **(Оригинално заглавие: Иванов Б., Асенов А., Пенчева В., (2017), Методика за избор на схема за организация на пристанищна обработка и автомобилен превоз на транзитни товари между две пристанища като част мултимодален транспорт).**

[6] Simeonov D., Pencheva V. (2001), *Interaction Among the Transport Modes*, Ruse; **(Оригинално заглавие: Симеонов Д., Пенчева В., (2001), Взаимодействие между видовете транспорт, Русе).**

[7] Port of Varna EAD (2016), *Terms and Prices of the Services*. Available on 07.10.2019: <http://port-varna.bg/content/10/files/port-of-varna-tariff-BG.pdf> **(Оригинално заглавие: Пристанище Варна ЕАД (2016). Условия и цени на услугите)**

[8] Port Complex Ruse EAD (2019), *Prices and Terms of the Activities and Services Rendered*. Available on 07.10.2019: http://www.port-ruse-bg.com/tinymce/upload/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8/Tarifa_2019.pdf **(Оригинално заглавие: Пристанищен комплекс Русе ЕАД (2019) Цени и условия за извършваните дейности и услуги)**

[9] Port Complex Ruse EAD (2004). *Rules and Customs of Port of Ruse*. Available on 07.10.2019: <http://www.port-ruse-bg.com/bg/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8> **(Оригинално заглавие: Пристанищен комплекс Русе ЕАД (2004) Правила и обичаи на Пристанище Русе)**