

ISSN 1311-3321 (print)
ISSN 2535-1028 (CD-ROM)
ISSN 2603-4123 (on-line)

UNIVERSITY OF RUSE “Angel Kanchev”
РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ “АНГЕЛ КЪНЧЕВ”

PROCEEDINGS

Volume 60, book 4.2.

**Sustainable and Intelligent Transport Systems,
Technologies and Logistics**

НАУЧНИ ТРУДОВЕ

Том 60, серия 4.2.

**Устойчиви и Интелигентни Транспортни
Системи, Технологии и Логистика**

**Ruse
Русе
2021**

PROCESS-ORIENTED DESIGN OF AN INTERMODAL TERMINAL ¹

Chief Assist. Prof. Svetoslav Martinov, PhD

Department of Railway Engineering,

Technical University of Sofia

Phone: (+359) 2 965 2772

E-mail: s.martinov@tu-sofia.bg

M. Eng. Mario Ninov, PhD student

Department of „IST“,

„Todor Kableshkov“ University of Transport

Phone: (+359) 885396661

E-mail: mariocnc@abv.bg

Abstract: *The number of intermodal consignments and the route of the cargo flows are the basis of the intermodal logistics chains. They are significant for selection the location of the intermodal terminals, as well as for the economic efficiency of the intermodal transport. The present study is aimed at describing the processes and stages in the organizing of logistics chains and their influence on the selection of a technology of operating of an intermodal terminal. The cargo flows through main points of transport infrastructure of Bulgaria, which generate cargoes towards the intermodal terminals, have been studied. The possibilities for a process-oriented technical-technological design of an intermodal terminal have been analyzed. The different phases of the project – from the feasibility study to the physical implementation of the project have been presented in the study.*

Keywords: *Intermodal transport, Intermodal terminal, Process-oriented design.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Наземните и пристанищните интермодални терминали са основни елементи на системата за интермодален транспорт. Основно предназначение на терминалите е да осигурят възможност за претоварване на интермодалните транспортни единици, при смяна на транспортните средства, и временното им складиране.

Понастоящем в България специализирани интермодални терминали, проектирани като наземни интермодални съоръжения, са разположени и функционират в близост до Пловдив (до железопътна гара Тодор Кableшков) и в Стара Загора. Терминалът в Стара Загора е изграден като специализиран контейнерен пункт при развитието на Контейнерната транспортно-манипулационна система на България през 70-те и 80-те години на миналия век. Понастоящем в двата терминала – до Пловдив и в Стара Загора - се манипулират предимно полуремаркета. Като контейнерни терминали се използват няколко други съоръжения. Проектираният и изграден Ro-La терминал в близост до гара Драгоман не функционира според проектното си предназначение и в него се манипулират голямотонажни контейнери. Неспециализирани за интермодални превози са терминалите в Долно Езерово край Бургас и в Илиянци (София). В двата терминала се обработват голямотонажни контейнери, въпреки, че съоръженията не са оборудвани със специализирани контейнерни козлови кранове.

Увеличаването на дяла на товарите, превозвани с интермодален транспорт, може да породи необходимост за развитие на мрежата от интермодални терминали, които да обслужват интермодалните влакове. Препоръките на изготвения Проект на Национален план за развитие на комбинирания транспорт в Република България до 2030 година са насочени и към насърчаване на изграждането на нови дву-модални железопътно-автомобилни терминали във вътрешността на страната. Възможно решение за компенсиране на необходимостта от изграждане на специализирани интермодални терминали е използването на техническите и

¹ Докладът е представен на секционен заседание на 30 октомври 2021 г. с оригинално заглавие на български език: ПРОЦЕСНО-ОРИЕНТИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ИНТЕРМОДАЛЕН ТЕРМИНАЛ

технологични възможности на някои от съществуващите железопътни гари и терминали за манипулиране на интермодални транспортни единици.

В доклада е предложен процесно-ориентиран подход приложим, както при техникотехнологично проектиране на специализирани интермодални терминали, така и за изследване на възможностите за използване на инфраструктурата на съществуващи железопътни гари за манипулиране на интермодални транспортни единици.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В световен мащаб превозите с интермодален транспорт са нараснали повече от три пъти към 2020 г. спрямо 1990 г. (UIRR, Report 2020-21). Извършената превозна работа през същия период нараства повече от четири пъти от 18,7 млрд. tkm през 1990 г. до 89,6 млрд. tkm през 2020 г. Наблюдава се и устойчива тенденция за увеличаване на превозното разстояние при интермодалните превози, като през 1990 г. на разстояние над 900 km са превозени 31% от товарите срещу 37% през 2010 г. и 50% през 2020 г.

Тенденция за нарастване се наблюдава и при интермодалните превози в България. Очакванията са за увеличение с 13% към 2027 г. и с 21% към 2034 г. спрямо тези през 2018 г., като ще преобладават превозите по внос, износ и транзит (Проект на Национален план за развитие на комбинирания транспорт в Република България до 2030 година).

При проучване на товарооборота от интермодални транспортни единици, превозени с железопътен и воден транспорт през морските пристанища в България през месец юли 2021 г. се установи, че:

- обслужването на контейнеропотока от и за пристанище Солун през България се осъществява в терминала в Илиянци, а контейнеропотока от и за пристанище Пирея - в терминала до железопътна гара Драгоман, като двата терминала се използват като „сухи пристанища“ (Ivanov, B., 2020). Данни за превозените контейнерни влакове през двата терминала при средно натоварени 2 TEU/вагон през юли 2021 г. са посочени в табл. 1;

Таблица 1.

Контейнерни влакове, м. юли 2021 г.

Терминал	Внос		Износ	
	Влака, бр.	Вагони, бр.	Влака, бр.	Вагони, бр.
Илиянци	11	217	10	232
Драгоман	5	92	7	127

Източник: „БДЖ-ТП“ ЕООД

- терминалите в Турция, генериращи интермодален трафик (предимно полуремаркета) за и от България са Халкали, Чаталджа и Черкезкой. По данни на ДП „НКЖИ“, линията между интермодалния терминал край Пловдив и Черкезкой и Истанбул се обслужва с два влака по 25 вагона дневно в посока. Линията Халкали - Стара Загора се обслужва от терминала в Стара Загора. През месец юли 2021 г. в терминала в Сара Загора са обработени 150 интермодални транспортни единици - основно полуремаркета, като са използвани два влака седмично по маршрута;

- трафикът от голямотонажни контейнери по море в Република България се реализира чрез пристанищата Варна и Бургас, като контейнерооборота за месец юли 2021 г. е в пристанище Порт Бургас - 7125 обработени контейнера и в пристанище Варна Запад 5563 обработени контейнера.

Тенденциите за увеличаване на интермодалните превози изисква и синхронно развитие на терминалната инфраструктура и интермодалните центрове (Ananiev, S., & Martinov, S., 2018). Разположението и инфраструктурата на някои железопътни гари в България позволява, да се проучат възможностите за манипулиране и складиране на интермодални транспортни единици в тях и използването им като неспециализирани интермодални терминали. С това, съществуващата железопътна инфраструктура в България, която често е неефективно използвана, ще е в подкрепа на развитието на интермодалните превози. Железопътни гари,

условията в които биха могли да се проучат в тази насока са: Яна, София – товарна, Перник - разпределителна, Дупница, Червен бряг, Плевен, Троян, Горна Оряховица, Русе, Търговище, Янтра, Джулюница, Пловдив - товарна, Варна, Бургас и др.

Технико-технологичните параметри на терминалите в които се манипулират интермодални транспортни единици са съвкупност от взаимосвързани характеристики, стойностите на които се определят при технологичното проектиране на интермодалното съоръжение. Те характеризират възможностите на терминала да обработва постъпващите в него транспортни средства в условията на динамична среда, обусловена от интермодални транспортни потоци с променливи характеристики – по вид, направление, посока, обем и др. Определянето на параметрите е свързано, както със спазване на ограниченията, произтичащи от конкретни особености, така и с осигуряване на необходимите и перспективни експлоатационни възможности на терминала. Процесът по технико-технологично проектиране на интермодален терминал се състои от няколко основни етапа, които, в зависимост от условията, могат да протичат последователно или паралелно. Всеки от етапите е съвкупност от взаимосвързани дейности, обединени под формата на процеси, които могат да бъдат описани, като основната цел е подобряване на изпълнението им. Описанието на процесите позволява да се: осигури проследимост на различните нива; улесни избора на приоритети; дефинират отговорностите, обхвата и работните зони; улесни определянето на контролни и критични точки; дефинират проблеми (зони, отговорности, стъпки и т.н.). Основните етапи, свързани с технико-технологичното проектиране на наземен интермодален терминал са:

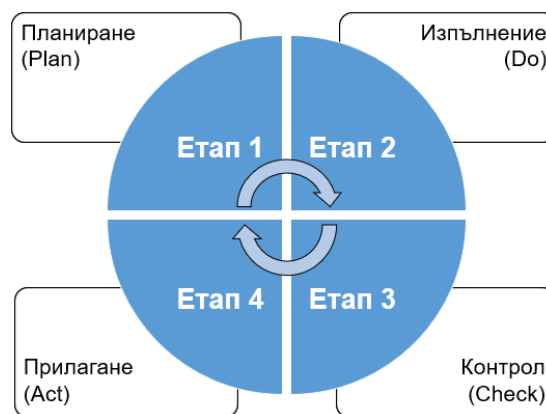
Етап 1. Предпроектни проучвания – етапът се свързва с проучване и оценяване на възможностите и условията за изграждане и развитие на интермодален терминал. Определят се основни параметри и ограничителни условия – обем и характеристики на очакваните товаропотоци, теренни условия, ограничения на съществуващата железопътна и шосейна инфраструктура и др.

Етап 2. Определяне на технико-технологичните параметри на терминала – в този етап се проучват и анализират възможностите за прилагане на различни технологии за манипулиране на интермодалните транспортни единици в терминала. За всяка от сравняваните технологии се определят стойностите на основни параметри, свързани с манипулационните процеси, извършвани в терминала. Препоръчително е при технико-технологичното оразмеряване на терминала да се определи етапността за изграждането и развитие на интермодалното съоръжение.

Етап 3. Оценяване на ефективността на предложението – етапът включва оценяване на икономическата ефективност на предложението, разглеждано като инвестиционен проект. При този етап се оценяват и сравняват различните технологии, дефинирани в предходните етапи. Изготвя се технико-икономическа документация и се извършва обосноваване предложение за развитие на съответна технология на работа на терминала.

Етап 4. Изпълнение на проекта - в зависимост от резултатите, получени при оценяване на икономическата ефективност, през този етап би могло да стартира изпълнението на следващите етапи от проекта или да се извърши коригиране на някои от предходните стъпки при постигане на незадоволителни параметри за ефективност или несъответствие с очакванията.

Препоръчва се в процеса на проектиране на интермодалния терминал да се осигури възможност за извършване на корекции при несъответствие на очакванията с получените резултати. Това би могло да се изпълни чрез прилагане на „PDCA цикъл“ (Patel, P., & Deshpande, V., 2017; Stracke, C., 2006), състоящ се от четири основни стъпки - планиране (Plan), изпълнение (Do), контрол (Check) и прилагане/действие (Act). Цикълът може да обхване всички етапи, отделни процеси или елементи от даден процес. Разпределението на основните етапи при проектиране на интермодален терминал, представени като цикличен процес, е изобразено на фигура 1.



Фиг. 1. Разпределение на етапите в „PDCA“ цикъл

Същността на процесния подход е, че той представлява съвкупност от взаимосвързани и взаимодействащи дейности, преобразуващи входовете в ценни изходи. Изходът или резултатите получени от предходен процес са входни за следващия. Процесите се разглеждат като обекти, подлежащи на управление и за изпълнението на дейностите е необходимо да се осигурят необходимите ресурси.

Разработването на модел на процесите по манипулиране и складиране на интермодални транспортни единици в терминала е с цел да се извърши целенасочен избор на технология на работа на интермодалното съоръжение. Изследването се базира на определяне на основни параметри, свързани с възможностите на терминала в него да се манипулират интермодални транспортни единици. Някои от основните параметри, които се изследват, са експлоатационната производителност и необходимия брой товарно-разтоварни машини, необходимата складова вместимост, престоя на транспортните средства за извършване на товарно-разтоварни дейности и др. (Martinov, S., 2021).

Средната експлоатационна производителност на товарно-разтоварните машини в наземен интермодален терминал или товарна гара се определя по :

$$P_E = \frac{60}{T_C} \cdot K_{BP} \cdot \frac{бр.}{h}, \quad (1)$$

където: P_E е средната експлоатационна производителност на една товарно-разтоварна машина в терминала, бр./h; T_C - средната продължителност на периода, необходим за манипулиране на една интермодална транспортна единица в терминала, min; K_{BP} - коефициентът, отчитащ използването на машината по време ($0 < K_{BP} \leq 1$), коеф.

Броят на товарно-разтоварните машини, необходими за манипулиране на интермодалните транспортни единици, се определя по:

$$N_M^{\min} \geq \frac{T_S}{T_A \cdot K_{BP}}, \text{ бр.}, \quad (2)$$

където: N_M^{\min} е минималният брой товарно-разтоварни машини от определен вид, необходими за извършване на товарно-разтоварни и складови дейности с интермодалните транспортни единици в терминала, бр.; T_S - сумарният период, необходим за манипулиране на интермодалните транспортни единици за едно денонощие при използване на еднотипни машини, min; T_A - продължителността на периода през който терминала работи в денонощието и се извършва товарно-разтоварна и складова дейност с интермодални транспортни единици, min.

За необходимия брой товарно-разтоварни машини се приема:

$$N_M \geq N_M^{\min} \geq 1, \text{ бр. (цяло число)} \quad (3)$$

При необходимост от повече от една товарно-разтоварна машина се приема, че машините са еднотипни и са с еднаква производителност и използваемост по време. При използване на съществуващи товарни гари за манипулиране на интермодални транспортни

единици и наличие на различни товарно-разтоварни машини, участващи в процеса по манипулиране, производителността и броя машини се определя за всеки вид машини.

Необходимата складова вместимост се определя за всяка група индиректни интермодални транспортни единици, манипулирани в терминала, по:

$$E = N.T.\mu, \text{ бр.}, \quad (4)$$

където: N е средноденонощният брой интермодални транспортни единици складиран в складовата зона на терминала, бр./денон.; T - средноденонощният престой на една интермодална транспортна единица в складовата зона, денон.; μ - коефициентът, отчитащ резерва от места за складиране ($\mu \geq 1$), коеф.

Средната продължителност на периода, необходим за извършване на товарно-разтоварни операции с един влак (T_B, h), се определя по:

$$T_B = \frac{T_{SB}}{60.N_M^{B/I} . N_{B/I}}, h, \quad (5)$$

където: T_{SB} е сумарният период, необходим за извършване на товарно-разтоварни операции с интермодалните влакове през денонощието, min; $N_{B/I}$ - броят на интермодалните влакове, обслужващи терминала през денонощието, бр.; $N_M^{B/I}$ - брой товарно-разтоварни машини, обслужващи един интермодален влак ($N_M^{B/I} \leq N_M$), бр.

Проведено е предварително проучване на възможността в железопътна гара Червен бряг – товарна да се използва част от съществуващата железопътна инфраструктура за манипулиране и складиране на голямотонажни контейнери. Чрез прилагане на процесен подход в изследването са отчетени основни процеси, свързани с манипулирането на контейнерите – товарене, разтоварване, складиране, подаване и изтегляне на вагоните на товарно-разтоварния коловоз и др. Изследвана е зоната между товарен коловоз 10г и площадката върху рампата на челото на коловоз 1г и 2г. Площадката, разположена странично на коловоз 10г върху терена на демонтирания 11-ти глух коловоз е с дължина 180 m и широчина около 20 m. Полезната дължина 180 m на товарен коловоз 10 г позволява на него да се приемат железопътни вагони в група до 9 броя 60 футови интермодални вагона. Инфраструктурата позволява с мобилен стрелов контейнерен товарач да се манипулират местни и транзитни контейнери, като възможност за директно претоварване на транзитни контейнери съществува на товарни коловози 9г и 10г. При необходимост, голямотонажни контейнери могат да се разполагат и върху рампата с дължина 80 m и широчина 8 m, разположена на челото на товарни коловози 1г и 2г.

Технологичните процеси, отчетени при изследването, свързани с манипулирането на контейнерите и периодите за извършването им са: директно манипулиране на N_1 броя местни голямотонажни контейнера по вариант „вагон-автомобил“ или „автомобил-вагон“ с период за манипулиране на един контейнер T_1 ; индиректно манипулиране на N_2 броя местни голямотонажни контейнера по вариант „вагон-склад“ или „склад-вагон“ с период за манипулиране на един контейнер T_2 ; индиректно манипулиране на N_3 броя местни голямотонажни контейнера по вариант „автомобил-склад“ или „склад-автомобил“ с период за манипулиране на един контейнер T_3 ; директно манипулиране на N_4 броя транзитни голямотонажни контейнера по вариант „вагон-вагон“ с период за манипулиране на един контейнер T_4 и индиректно манипулиране на N_5 броя транзитни голямотонажни контейнера по вариант „вагон-склад“ и „склад-вагон“ с период за манипулиране на един контейнер T_5 .

При ивично складиране на контейнерите, върху складовата зона, намираща се странично на коловоз 10г, могат да се разполагат до 54 слота с 20 футови контейнери (27 броя по дължина и 2 реда по широчина). Допълнително, върху рампата могат да се разполагат до 24 слота. При средна височина на подреждане на контейнерите във височина 1,5 реда, контейнеровместимостта е около 80 TEU странично на коловоз 10г и допълнително до 36-40 TEU върху рампата на коловози 1г и 2г.

Изследването на периодите за обслужване на влаковете и необходимия брой машини е извършено при следните допускания: манипулират се местни 20 и 40 футови голямотонажни контейнери в съотношение 50:50, като съотношението между директно и индиректно манипулираните контейнери е 10:90%; средната продължителност на периодите, необходими за манипулиране на един контейнер с отчитане на двойните операции е $T_1=5$ min, $T_2=9$ min и $T_3=7$ min; коефициентът на използване на товарно-разтоварните машини по време се приема 0,9; средната продължителност на престой на индиректните контейнери в складовите зони е 3 денонощия при 10% резерв на контейнероместа; средната продължителност на периода за подаване и изваждане на един влак (група вагони) на и от товарно-разтоварните коловози (период за извършване на маневра) е 30 min; празните вагони са 20% от състава на контейнерните влакове.

При тези допускания, складовата вместимост в двете зони се изчерпва при достигане на средноденонощен контейнерооборот 26 конт./денон. За обслужването му, при наличие на един товарач, е необходимо, терминалът да работи 8 h в денонощието. Обобщени резултати за ограниченията относно броя на влаковете и средния период, необходим за товарно-разтоварни дейности на контейнерите от един влак (или група вагони подавани на коловозите) са посочени в табл. 2.

Таблица 2.

Обобщени резултати

Продължителност на работа на терминала, h/денон.	Мин. брой товариачи, бр.	Мин. брой влакове, бр.	Макс. брой влакове (групи вагони), бр.	Среден период за обслужване на един влак при мин. брой влакове, min/влак	Среден период за обслужване на един влак при макс. брой влакове, min/влак
7	2	2	10	56	11
8	1	2	8	112	28
10	1	2	12	112	19

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прилагането на процесен подход позволява да се извършва технико-технологично проектиране на нови интермодални терминали или изследване на възможностите на съществуващи товарни гари да се използват като наземни интермодални терминали. Терминалът се разглежда като система, а дейностите по манипулиране и складиране на интермодалните транспортни единици в него се представят, чрез своите параметри, като съвкупност от взаимосвързани процеси. Това позволява подобряване на оперативното управление на интермодалното съоръжение при работата му в условия на променливи характеристики на товаропотоците.

Извършено е проучване на възможностите да се манипулират голямотонажни контейнери в гара Червен бряг – товарна. Изследвани са основни технологични параметри на част от инфраструктурата на гарата, свързани с манипулирането и складирането на контейнерите. Резултатите от изследването показват, че при описаните допускания и условия, проучената инфраструктура на товарна гара Червен бряг е с възможност да обработва до 26 броя голямотонажни контейнера за денонощие.

REFERENCES

Ananiev, S., & Martinov, S. (2018). Opportunities of the railway infrastructure in the cross-border region Bulgaria – Romania for differentiation of freight intermodal centers. “Todor Kableshkov” University of Transport, Sofia, ISSN 1314-362X (**Оригинално заглавие:** Ананиев, С., Мартинов, С. Възможности на железопътната инфраструктура в трансграничния регион България - Румъния за обособяване на товарни интермодални центрове. Годишник на Висше транспортно училище „Тодор Каблешков” 9 (2018)).

Bergqvist, R., Falkemark, G., & Woxenius, J. (2010). Establishing intermodal terminals. World Review of Intermodal Transportation Research, Vol. 3, No. 3, 285-302.

Boschian, V., Dotoli, M., Fanti, M., Iacobellis, G., & Ukovich, W. (2011). A Metamodelling Approach to the Management of Intermodal Transportation Networks. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 8(3):457 – 469, DOI:10.1109/TASE.2010.2090870, 96-105.

Gambardella L., Rizzoli, A., & Zaffalon, M. (1998). Simulation and Planning of an Intermodal Container Terminal. SIMULATION: Transactions of The Society for Modeling and Simulation International 71(2):107-116, DOI:10.1177/003754979807100205.

Martinov, S. (2021). Logistics model for handling of intermodal transport units in a multifunctional rail-road terminal. Proceedings of BulTrans-2021 – International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies (10 September 2021 through 12 September 2021, Sozopol, Bulgaria), ISSN 1313-955X. *(Оригинално заглавие: Мартинов, С., 2021. Логистичен модел за манипулиране на интермодални транспортни единици в многофункционален железопътен терминал. БулТранс-2021, Созопол, България).*

Ivanov, B. (2020). Feasibility study on inland container freight stations for empty container haulage optimization and quality improvement of export and import logistics in Bulgaria, Proceedings of University of Ruse – 2020, volume 59, book 4.2., FRI-2.204-1-SITST-06. *(Оригинално заглавие: Иванов, Б., 2020. Изследване на възможността на вътрешните контейнерни товарни станции за оптимизация на транспорта на празни контейнери и подобряване на качеството на логистика на внос и износ в България. Сборник доклади, Русенски университет, 2020).*

Patel, P., & Deshpande, V. (2017). Application Of Plan-Do-Check-Act Cycle For Quality And Productivity Improvement - A Review. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 5 Issue I, January 2017, ISSN: 2321-9653, 197-201.

Stracke, C. (2006). Process-oriented Quality Management. Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning; Berlin: Springer, 79-96.

European Road-Rail Combined Transport, UIRR, Report 2020-21, Brussels, Belgium, 2021.

<https://www.uirr.com/> (Accessed on 15.10.2021)

<https://www.marinetraffic.com/> (Accessed on 11.11.2021)

https://www.mtitc.government.bg/sites/default/files/doklad_5_ver3.0_17_11_2020_r.pdf (Accessed on 11.11.2021)

<https://www.rail-infra.bg/bg/304> (Accessed on 15.10.2021)