



---

## **ЗАДАЧИ ПРИ ОПТИМИЗИРАНЕ НА ТОВАРНО-РАЗТОВАРНИ МАШИНИ И ПРОЦЕСИ В ИНТЕРМОДАЛНИ ТЕРМИНАЛИ**

**Нина Цветанова Петрова**  
[Nina.petrova01@gmail.com](mailto:Nina.petrova01@gmail.com)

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,  
ул. “Гео Милев” № 158, София 1574,  
БЪЛГАРИЯ**

*Ключови думи:* интермодални терминали, товарно- разтоварни машини, оптимизация

*Резюме:* Поради непрекъснатото нарастване на количеството на транспортираните товари, което да може да задоволи нуждите на международните пазари и увеличаването на процесите за манипулирането им, ние разглеждаме конкретно интермодалните терминали. В статията са изяснени основни понятия и са класифицирани видовете транспортни единици участващи в превоза на интермодалните единици (ИТЕ), методите на претоварване на ИТЕ, видовете ИТЕ, технологични процеси при манипулации на ИТЕ, средствата използвани за механизация на терминалите, както и са описани методи за оптимизация. Тъй като в дисертационния труд ще бъде конкретно разглеждана темата за оптимизиране на товарно – разтоварни машини и процеси в интермодалните терминали са представени конкретно два метода: оптимизация на маршрутите на контейнерните кранове и оптимизация на последователността на сменяване на товарохватните приспособления и обхождане на транспортните средства от товарно- разтоварни машини. Тези оптимизационни задачи представляват съвкупност от подзадачи, които ние в последствие разглеждаме за да можем да достигнем до задоволителни със своята точност резултати. След като бъдат разгледани задачите се определя и целта – оптимизиране на товарно- разтоварните машини и процеси в конкретен интермодален терминал, наложено от голямото разнообразие на машини и процеси неефективно функциониращи в транспортно –манипулационната система.

В съвременната епоха [2] непрекъснато нараства количество и номенклатурата на произвежданите от обществено материални ценности ( по-нататък наричани товари), разширява се вътрешната и международна търговия и кооперирането на производството, което води до интензивно увеличение на процесите свързани с тяхното транспортиране и манипулиране. Тези процеси ангажират големи трудови, материални и финансови ресурси във всички отрасли и на обществото като цяло, вследствие на което повишаването на тяхната ефективност или важно значение за икономиката на всяка страна.

Главно направление за повишаване на ефективността на манипулационните и транспортно-манипулационните процеси с товарите е тяхното механизирание и

автоматизиране [3] във всички звена, през които преминават по пътя на движението си от производството до потреблението. Това е един от най-крупните проблеми на нашето време, отличаващ се с голяма комплексност и сложност, поради което оптималното му решаване изисква прилагане на най-новите постижения на науката и техниката. В съвременните условия решението се търси в създаването на *единни комплексно механизирани и автоматизирани манипулационни и транспортно-манипулационни (логистични) системи*, изградени върху следните базови елементи:

➤ **Интермодален терминал** - пункт, свързващ няколко вида транспорт и позволяваща да се осъществява комбинирано транспортиране с по-малко загуба на време поради бързия преход от един вид транспорт към друг.

➤ **Интермодален транспорт** [1] - многомодален транспорт на товари в една и съща интермодална транспортна единица с последователни видове транспорт без манипулации със самите товари при смяната на видовете транспорт.

➤ **Интермодалната транспортна единица (ИТЕ)** - контейнер, сменяема каросерия или пътно превозно средство, или железопътно возило, или плавателен съд.

➤ **Механизация** – комплекс от товарно- разторани машини и системи.

Обратното придвижване на празни контейнери/сменяеми каросерии и празни товарни пътни превозни средства/ ремаркета не е част от интермодалния транспорт, тъй като няма придвижване на товари. Такива придвижвания са свързани с интермодалния транспорт и е желателно данните за празните придвижвания да се събират заедно с данните за интермодалния транспорт.

Видовете интермодални терминали могат да се класифицират по следните признаци:

➤ **Според метода на транспорт**, използван за превоза на товари: *железопътен, автомобилен, по вътрешноводен път, морски, въздушен, тръбопроводен.*

➤ **Според вида на товарната единица:** *контейнер, сменяема каросерия, платформа, железопътен товарен вагон за интермодален транспорт, Ро-Ро единица.*

В интермодалните терминали се реализират следните технологични процеси:

➤ **Фазови технологии** - можем да ги разделим на: *приемане (изпращане), товарене, разтоварване, претоварване, сортиране, складиране, съхранение, търговско, митническо и техническо обслужване.*

➤ Според **характера на движенията** при манипулиране на товарите можем да ги разделим на: *Ло-Ло (Lift-on-Lift-off) (за вертикално манипулиране на товарите), Ро-Ро (Roll-on-Roll-off) (за хоризонтално манипулиране на товарите), Фо-Фо – лихтеровозни (баржевозни), комбинирани.*

➤ Според **степената на прилагане на ръчен труд** при манипулациите с товарите: *ръчни, механизирани, автоматизирани.*

Според това къде е разположен интермодалният терминал: край морско пристанище, речно пристанище, дали включва жп транспорт, автомобилен транспорт и като вземем предвид, че на интермодални терминали предимно се извършват манипулации с интермодални товарни единици (контейнери и други уедрени товарни единици), се използват най- разнообразни машини реализиращи технологичните процеси: *кейови претоварващи кранове; мостови кранове; козлови кранове; портални контейнеровози; странични вилични високоповдигачи с обвърната вилица и рамка с контрафитинги или с нормални вилици; вилични кари; контейнероносещи машини на пневмоколела; влекачи с полуремаркета; мобилни контейнерни автокранове; конвекционални стрелови пристанищни кранове*

Поради голямото разнообразие [4] на терминали, технологични процеси и механизация възниква необходимостта от създаване на оптимизационен модел, който

да дава оптимални решения при избор на машини и процеси при различните интермодални терминали. Оптимизационният подел трябва да решава редица задачи.

**Оптимизация на маршрутите на контейнерните кранове** - В ГКП се осъществяват сложни манипулационни процеси, включващи: разтоварване на пълни и празни контейнери от вагони и автомобили (полуремаркета) и поставянето им в определени места в терминала, претоварване от вагони на автомобили и обратно; натоварване на вагони и автомобили; сортировъчни операции с контейнери. Като се отчете също наличието на няколко вида ГТК /10', 20', 30', 40'/, както и това, че те се стифират до три и повече реда по височина, а също и обособяването на зони за престой на пълни, на заминаващи пълни и празни контейнери, се вижда голямата сложност на задачата за оптимизиране на работата на ТРФ.

Едно от направленията за усъвършенстване на работата на ГКП е подобряване на използването на контейнерните кранове чрез оптимизиране на маршрутите им, което води до увеличаване на тяхната производителност, намаляване на трудовите и енергийните ресурси, съкращаване на престоя на транспортните средства, контейнерите и товарите.

Съставянето на оптимален план за манипулиране на контейнерите на ТРФ изисква обособяване на две групи управляващи параметри: началните и крайните координати на преместванията на контейнерите и на последователността на изпълнение на тези премествания.

Критерии за оптимизация на преработката на контейнерите в системата могат да бъдат:

-минимална обща продължителност на манипулиране на контейнерите, -  $T_M$ , h;

-минимален общ (респ. празен) пробег на крана -  $L_M$ , m;

-минимални енергийни разходи за манипулиране на контейнерите -  $E_M$ , kW.h.

Подходът, който тук се прилага за моделиране на МП в системата "ТРФ", се основава на математичния апарат на динамичното програмиране.

В най-общ вид задачата за съставяне на оптимален план за работа на крана е поставена като многостъпков процес на управление на система, представена от множество  $M$ , съставено от подлежащи на манипулиране контейнери от склада и от обработваната група вагони.

Комбинаторният характер и размерността на задачата за планиране на манипулациите затруднява решението и в оперативни условия. За практическото съставяне на оптималния план за работа на крана е необходимо общата задача да се разчлени на няколко частни взаимосвързани задачи с намалена размерност, съответстващи на фазите на подготовка и изпълнение на процеса на манипулиране на контейнерите в системата "ТРФ". Тук задачата е разчленена на три подзадачи:

-задача „натоварване“ -решава оптимизирането на разпределението на контейнерите от склада върху подадената група вагони в зависимост от вида, собствеността и назначението им;

- задача „разтоварване“ - решава оптимизирането на разтоварването на контейнерите от подадената група вагони в склада;

-задача „маршрутизиране“ („празен пробег“)- решава оптимизацията на порейсовото планиране на работата на крана, като определя последователността (маршрутите) на крана при изпълнение на манипулациите с ГТК.

Общата задача за маршрутизация се характеризира с голяма разменност и намирането на глобален оптимум изисква голяма продължителност, което затруднява, а в някои случаи прави невъзможно решаването и в реално време (в граници на плановия период). Интеративното решаване позволява постигане на задоволителни със своята точност резултати във всеки момент от реализацията на манипулационния процес.

Изложеният метод за оптимизиране на маршрутите на контейнерен кран, е частен случай от цял клас задачи, които възникват при обслужване на складови комплекси с контейнеризирани, палетизирани [5] и пакетирани товари, при манипулиране на единични неуедрени товари и др. с ТРМ с циклично действие. Всяка от тези задачи има характерни особености, които трябва да се отразяват в математичния модел и да се прилага подходящ алгоритъм за решаването им.

#### **Оптимизация на последователността на сменяване на товарохватните приспособления и обхождане на транспортните средства от товарно-разтоварни машини.**

При извършване на товаро-разтоварни процеси се налага една или няколко еднотипни ТРМ да манипулират различна видове товари, които изискват използване на разнотипни взаимозаменяеми ТХП. Това е особено характерно за безрелсовите стрелови ТРМ с променлива товароподемност (автокранове, мобилкранове). В този случай трябва да се определи оптималният типоразмер на ТХП и оптималната последователност на обхождане на транспортните средства (обектите) от ТРМ.

Използване на различни типоразмери ТХП променя: масата на товара, повдиган за един цикъл; продължителността на спомагателните и основните елементи на цикъла; броя на позициониранията на ТРМ пред транспортното средство; изисква допълнително време за смяна на ТХП и различна траектория на тяхното движение. Това създава възможност да се реализират различни производителности на ТРМ при определена изходна ситуация на ТРФ. Оттук произтича задачата за съставяне на оперативен план за работа на различните типове ТРМ, който да осигури най-рационалното им използване за конкретен обект, тип на транспортното средство и налични типоразмери ТХП. Тя може да се реши с прилагане на методите на математичното програмиране.

Като критерий за оптималност може да бъде прието времето за разтоварване на вагон.

#### **Определяне на оптималния типоразмер на ТХП.**

#### **Определяне на оптималната последователност за обхождане на вагоните и смяна на ТХП.**

Решаването на тази част от задачата е сведено до намиране на най-краткия път (маршрут) в една ациклична мрежа, съдържаща  $N$  възела, където  $N$  е броят на подадените вагони (обекти).

Реално приложимото решение изисква за всеки възел да има само по една входяща и една изходяща дъга, с изключение на началния възел, за който има само една изходяща дъга и на крайния възел, за който има само една входяща дъга.

За решаване на описания модел, може да се приложи следната последователност на изчислителните процедури:

- определят се по предварително приет критерий началния и крайния възел (вагони или обекти);

- по самостоятелни програми се изчисляват стойностите на  $T'_{ij}$ ,  $T''_{ij}$  и  $T_{ij}$ ;

- с използване на стандартна програма за намиране на най-краткия път в ациклична мрежа, съставена по метода "Двустранен ред на чакане" се определя оптималната последователност на работа на ТРМ (разтоварване на вагоните и смяна на ТХП).

За да се ускори изчислителният процес по изложените модели, необходимо е да се оптимизират и процесите, свързани с подготовката на входната информация за тях.

Поради голямото разнообразие на товари и обслужващите ги машини и механизми в границата на интермодалните терминали се затруднява тяхното

рационално функциониране, което от своя страна създава проблеми за бързото и ефикасно обслужване на клиентите.

Като проблем разглеждаме липсата на оптимизация за големия брой машини, които се използват на даден интермодален терминал и се цели оптимизиране на тези машини и съответно товарно - разтоварните процеси свързани с тях.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Барето М (МТФ), Стрелов Х. (Евростат)“ Глосар за транспортна статистика“ (Документ, изготвен от работна група по транспортна статистика на секретариатите на Евростат, МТФ, ИКЕ на ООН) [https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/coded\\_files/transport\\_glossary\\_4\\_ed\\_BG.pdf](https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/coded_files/transport_glossary_4_ed_BG.pdf)
- [2] Петров Д. П., Кирчева Е. С., Техника и технология на товарно-разтоварни процеси, ВТУ „Т. Каблешков“, 2001;
- [3] Петков Б., Петкова Г., Автоматизация на процесите за заваряване и наваряване с използване на програмируеми модули, „Механика, транспорт, комуникации“ – н.сп., бр.2, 2017;
- [4] Петров Д. П., Стоядинов С., Оптимизация на товаро-разтоварни и складови процеси, ВВТУ „Т. Каблешков“, 1993;
- [5] Petkov B., Krastanova B., About the automated storage systems for pallets, Int. Conference on Technology, Engineering and Science, Antalya, Turkey, 2017

## **TASKS FOR THE OPTIMIZATION OF LOADING MACHINES AND PROCESSES IN INTERMODAL TERMINALS**

**Nina Tsvetanova Petrova**  
[Nina.petrova01@gmail.com](mailto:Nina.petrova01@gmail.com)

**“Todor Kableshkov” University of Transport,  
158 Geo Milev Str., Sofia 1574  
BULGARIA**

**Key words:** *intermodal terminals, loading and unloading machines, optimization*

**Abstract:** *Due to the continuous increase in the amount of cargo transported, which can satisfy the needs of the international markets and the increase of the processes for handling them, we are specifically looking at intermodal terminals. The article clarifies the basic concepts and classifies the types of transport units involved in the transport of intermodal units (ITEs), the methods of overloading of ITEs, the types of ITEs, technological processes in the manipulation of ITEs, the means used for the mechanization of the terminals, and methods are described for optimization. Since the dissertation will specifically address the topic of optimization of loading and unloading machines and processes in intermodal terminals, two methods are presented: optimization of routes of container cranes and optimization of the sequence of changing load-carrying devices and crawling of vehicles from cargo vehicles - unloading machines. These optimization tasks are a set of sub-tasks that we subsequently examine in order to achieve satisfactory results with accuracy. Once the tasks are considered, the goal is also defined - optimization of loading and unloading machines and processes in a specific intermodal terminal imposed by the wide variety of machines and processes ineffectively functioning in the transport and handling system.*