

## АКТУАЛИЗИРАНИ МЕТОДИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ БРОЯ НА КОЛОВОЗИТЕ ВЪВ ВЛАКООБРАЗУВАЩИТЕ ГАРИ ПРИ ПОВИШЕНИ СКОРОСТИ НА ВЛАКОВЕТЕ

Йордан ТАСЕВ, Дарина НИТОВА  
[dnitova@hotmail.com](mailto:dnitova@hotmail.com)

Йордан Тасев, проф. д-р инж., ТУ – София, Дарина Нитова гл.ас. д-р инж., УАСГ - София  
**БЪЛГАРИЯ**

**Резюме:** Целесъобразно е да се прегледа техническата съоръженост на наличните гари и при доказана необходимост да се предвидят реконструкции. Предлага се актуализация на досега ползваните методи като се въвеждат два коефициента: за отчитане какъв процент от преминалия вагонопоток се преработва в гарата и за определяне на времето, през което някои от коловозите по технологически причини остават незаети. Правят се конкретни препоръки за прилагане на актуализираните оптимизационни методи в нашата практика.

**Ключови думи:** Коловози, гари, вагонопоток, заетост, оптимизация.

### ЗАДАЧИ НА ГАРИТЕ ПРИ СЪВРЕМЕННАТА ОРГАНИЗАЦИЯ НА ПРЕВОЗИТЕ

В нашата и редица други страни през последните години настъпиха редица промени в организацията на движението и съответно при пътническите и товарните превози.

В *пътническите превози* тенденцията е към увеличаване скоростите на влаковете. Заедно с това за намаляване на времепътването се провеждат редица други мероприятия, основното от които е свеждане до минимум на престоя в граничните гари и транзитното преминаване на бързите влакове през някои неголеми гари. Значителни подобрения трябва да се направят в организацията на крайградското пътническо движение. Наложително е да се увеличи честотата на влаковете, която да не бъде по-малка от един влак на час, а в натоварените часове преди началото и след края на работния ден – да достигне до 3-4 влака на час. При това положение интервалът между влаковете не трябва да бъде по-голям от 20 min.

Поради финансови причини сега у нас много от така наречените бързи влакове

спират на редица междинни гари, а тези по линията София-Мездра-Видин, на всички гари, дори и на някои спирки.

В *товарните превози* настъпиха съществени технологически промени. Очакванията, че след приватизацията частните фирми ще изпращат много единични вагонни пратки не се оправдаха, защото дребните пратки се превозват с автомобили. Крупните товародатели предлагат масови товари: въглища, руди, инертни материали и нефтопродукти. Те се превозват във влакове с постоянен състав наричани блок-влакове или във вагонни групи. В резултат на това намаля броя на многогруповите влакове и съответно маневрената работа в гарите рязко намаля. Разпределителната гара в Перник е закрыта, Русе-Изток не се ползва, а Подуяне, Горна Оряховица и Синдел преработват много по-малък вагонопоток в сравнение с този преди около 20 години.

Много възлови гари и такива при големи селища през миналите години композираха влакове, поради което бяха наричани влако-образуващи. По изложените по-горе причини вече в тези гари само се преработват частично някои влакове, поради което е по-целесъобразно да бъдат наричани влакопреработващи.

Измениха се някои от функциите на досега наричаните участъкови гари. Една от основните им задачи в миналото беше обслужване на участъковите влакове с локомотиви, което изискваше поддържане на голямо локомотивно депо. При електрическата тяга локомотивите возят влаковете на дълги разстояния и депа в някои гари вече не са необходими.

Сериозен е проблемът с междинните гари. При двойните линии разменни гари не са необходими, а за надминаване могат да се ползват гари, обслужващи големи селища, които имат и други функции. Построени бяха нови гари като гара Карлуково, които се оказа, че не са необходими. В някои случаи се отиде до другата крайност – допуснато беше недостатъчно добре обосновано закриване на гари, които трябваше да се ползват след станалите наводнения и аварии през 2005 г.

## **НЕОБХОДИМИ РЕКОНСТРУКТИВНИ МЕРОПРИЯТИЯ**

За да изпълняват гарите съвременните изисквания е необходимо в тях да бъдат проведени някои реконструктивни мероприятия. Преди да се изработят проекти следва да се обоснове кои гари ще останат в бъдеще в експлоатация и само за тях да се предвижда реконструкция. Това се отнася най-вече за двойните линии, по които се очаква в бъдеще да се движат влакове с повишени скорости.

Да се прецени на кои коловози освен главните ще се приемат влакове в отклонителен коловоз. Само стрелки, през които ще минават такива влакове да се подменят с други типове имащи малки отклонения и големи радиуси.

Цялостно да се преразгледат маневрените райони на влакопреработващите гари. Коловозите, които вече не са и не се очаква да бъдат необходими, да се демонтират. Стрелките на останалите коловози да се препоредят в съответствие с техническите и технологическите изисквания.

Най-съществен е въпросът с броя на коловозите, който трябва да се оптимизира. Тази е основната задача на настоящата разработка. Коловозите за приемане на пътническите влакове в нашите гари е достатъчен и с тях се обслужват влаковете в съответствие с разписанието.

Подлежи на преценка броят на коловозите за товарни влакове. Сега в

повечето гари поради намаления трафик има повече коловози, от колкото са необходими в момента. Трябва да се има пред вид, че се забелязва увеличение на производството. След приемането на страната ни в Европейския съюз се очаква увеличение на стокооборота. За съжаление дори при така наречената оптимистична прогноза не се очаква да бъде достигнат обема на превозите от 1980 г.

Поради това, че прогнозирането е трудно, установяваме зависимостите на броя на коловозите от вагонотока в широк диапазон и всеки случай може да се разглежда конкретно.

Необходимия брой коловози за обслужване на товарни влакове се определя по различни методи. Ползва се зависимост, установена по данни от периода, когато нашите гари работеха с максимално натоварване. Съставени са също оразмерителни формули по теоретични методи. След сравняването им с отчетни данни се съставя зависимост, която да се ползва в практиката.

## **МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ БРОЯ НА КОЛОВОЗИТЕ ЗА ТОВАРНИ ВЛАКОВЕ**

### **1. ПО ОТЧЕТНИ ДАННИ**

Ползват се данни от гарите в България за периода 1970-80 г. когато те работеха с максимално натоварване. Такова натоварване в бъдеще няма да бъде достигнато, но данните се използват само за установяване зависимостта на броя на коловозите от броя на преработените вагони. По тази зависимост може да се определи необходимия брой коловози в бъдеще при очакваното сравнително малко натоварване, което ще бъде увеличено спрямо сегашния минимум, след преодоляване на кризата. За да може зависимостта да се ползва при всякакъв обем на работа, тя е установена в широк диапазон  $M=200$  до  $M=4000$  преработени вагона в денонощие.

Направена е обработка и на отчетните данни, с които разполагаме. Те са броя преработени вагони в гарата за денонощие и среден транзитен престой в денонощие. Цялостна преработка на влаковете се прави само в разпределителните гари. В повечето възлови гари се извършва само частична преработка. За да има сравняемост броя преработени вагони се определя като отчетния брой вагони от съответната гара и

техния транзитен престой се приведат към еталонна разпределителна гара, в която престоя на вагоните въз основа на отчетни данни закръглено е приет на  $T_T = 10$  h. За всяка друга гара броя на действително преработените вагони се редуцира, като се използва следната формула:

$$M_T = \frac{T_e M_0}{T_T} \quad (1)$$

където:  $M_T$  - брой вагони, действително преработени в гарата за денонощие;

$M_0$  - общ брой вагони, за които е отчитан транзитен престой в гарата;

$T_e$  - транзитен престой на вагоните за еталонната разпределителна гара, в която се извършва пълна преработка на влаковете, h;

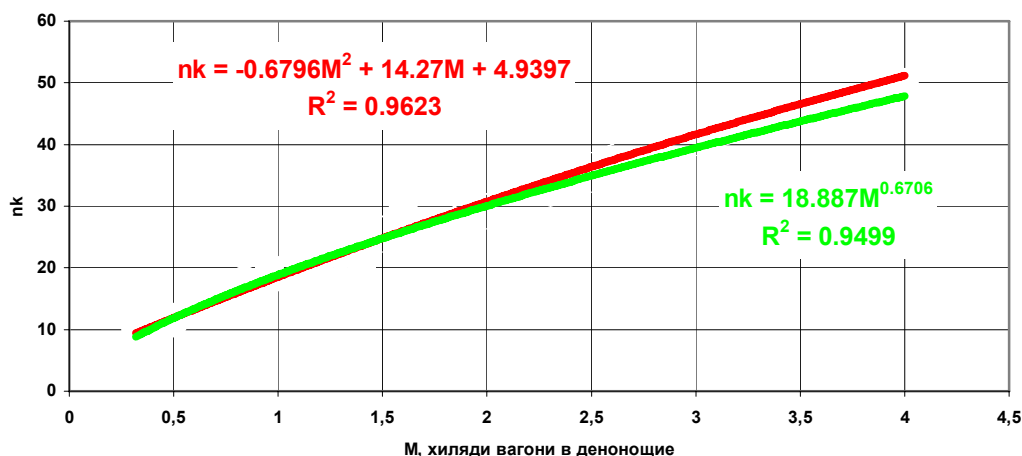
$T_T$  - транзитен престой на вагоните във възловата гара, в която се определя оптимален брой на коловозите, h.

По данни от 20 наши влакопреработващи гари с помощта на стандартна компютърна програма са установени следните зависимости: на броя на коловозите  $n_k$  от броя на преработените вагони  $M_T$ .

$$n_k = 4,94 + 14M_T - 0,68M_T^2 \quad (2)$$

$$n_k = 19M_T^{0,7} \quad (3)$$

Зависимостите са показани на фиг. 1.



Фиг. 1 Зависимост на броя на коловозите от броя преработени вагони по отчетни данни

Формула 2 показва зависимост с по-голям коефициент на корелация. Освен това тя е по-нагледна. Минималният брой коловози  $n_{k \min} = 5$  се потвърждава, както от практиката, така и от теоретичните изследвания.

## 2. ВЪЗ ОСНОВА НА ТЕОРЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

В периода около 1980 г. когато нашите гари работеха с максимално натоварване бяха направени редица изследвания за определяне на оптималния брой на техните коловози, специализирани за обслужване на товарните влакове. Ползваме разработката на колектив от Техническия университет София [1] с актуализиране и прецизиране на някои предпоставки. В приетия метод се ползва теория на масовото обслужване, при която гарата се разделя на подсистеми. С помощта

на теорията на вероятностите се определя времето, през което влаковете чакат да бъдат преработени, в случай, че броя на коловозите не е достатъчен. Определят се и годишните разходи, причинени от чакането. Те се сравняват с приведените към годишни капитални вложения за нови коловози, след построяването на които разходите за чакане се намаляват или премахват. Преработвателната способност на гарата се увеличава не само с нови коловози, но и с увеличаване на обслужващия персонал, на броя на маневрените локомотиви, въвеждане на механизация на маневрените устройства и автоматизирано управление на целия технологически процес.

Използвани са две групи модели на гари. От тях са подбрани три по-характерни,

изразяващи степените за по-интензивно използване на коловозите.

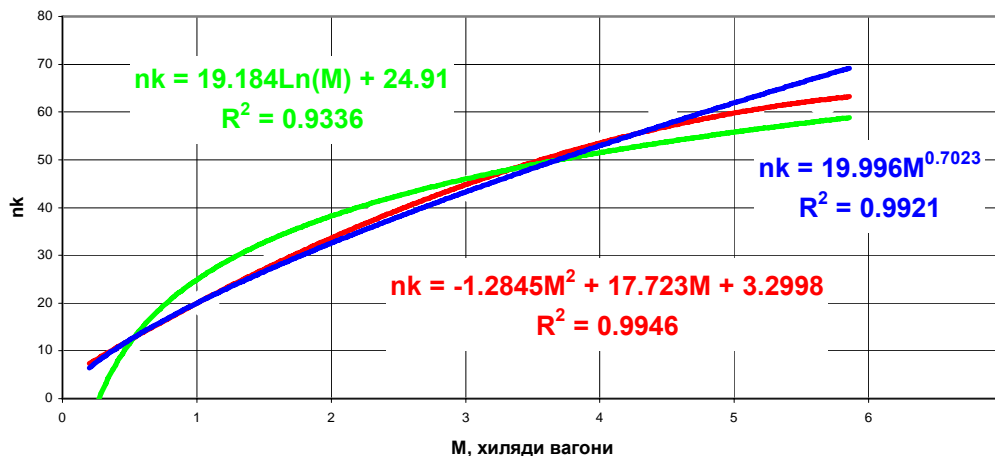
След обработка на данните бяха установени следните зависимости за броя на коловозите:

$$n_k = 3,3 + 17,7M - 1,28M^2 \quad (4)$$

$$n_k = 20M^{0,7} \quad (5)$$

$$n_k = 25 + 19 \ln M \quad (6)$$

Зависимостите са онагледени на фиг. 2.



Фиг. 2 Зависимост на броя на коловозите от броя преработени вагони, определена по приведени строително-експлоатационни разходи

При този метод кубичната парабола също има много благоприятен коефициент на корелация ( $R^2=0,995$ ) и дава по-голяма нагледност. Нейният недостатък е, че достига максимум при по-високи стойности на  $M$ , които в нашата практика не се достигат.

Степенната функция показва бързо нарастване в началото, при вагонопоток до 1000 вагона/денонощие, какъвто има в нашата практика. Нейният коефициент на корелация е също над 0,99 и би могла да се ползва.

Предимството на логаритмичната функция е нейният постоянно изменящ се темп на нарастване. Недостатък е, че при  $M = 1$ , т.е. при  $M = 1000$  вагона/денонощие, както  $\ln M = 0$ , така и  $\log M = 0$ . Решаващ в случая е само коефициентът пред  $\log M$ . При  $M < 300$  вагона/денонощие, функцията добива отрицателни стойности, което не е реално. Поради тези свои недостатъци логаритмична функция в този вид не се препоръчва. Тя може да се ползва само ако се направи трансация по абсисната ос.

Други видове функции, имащи променлив коефициент на нарастване, като например хиперболичната, имат по-малък коефициент на корелация и не могат да бъдат ползвани.

### 3. ВЪЗ ОСНОВА НА КОЕФИЦИЕНТА НА НЕЗАЕМАНЕ НА КОЛОВОЗИТЕ

В литературата [2] за определяне броя на приемно-отправните коловози се ползва следната формула:

$$n_{pk} = k_H \frac{N_T T_T}{24 - T_R} \quad (7)$$

където:  $N_T$  - брой преработвани в гарата товарни влакове в денонощие;

$T_T$  - времезаемане на приемно-отправен коловоз за очакване обслужване и за технологически операции по преработка на влака, h;

$k_H$  - коефициент за неравномерност на броя на влаковете;

$T_R$  - резервно време през денонощието за ремонтни работи и за приемане на служебни влакове, невключени в разписанието. Приема се 4 h.

Недостатък на формулата е, че в нея фигурира само необходимото време за заемане на коловоза. Поради неритмичното движение на товарните влакове, които се движат в часове, през които няма пътническо движение, коловозите остават свободни по няколко часа в денонощието. Това се отчита чрез коефициента на неравномерност, но той не е ясно дефиниран, защото в него се включва както неравномерността на интервалите, така и неравномерността на броя

им. Поради това предлагаме изменена формула, в която да се включи коефициент, отразяващ времето, през което коловозите не са заети. Също така поради изложените причини в уводната част, по предлаганата формула ще се определя общия брой на коловозите за товарни влакове:

$$n_{KT} = \frac{N_T T_T}{24 - T_R} (k_c + 1) \quad (8)$$

където:  $N_T$  - разчетен брой товарни влакове с преработка;

$T_T$  и  $T_R$  - както в предходната формула

$k_c$  - коефициент на незаемане на коловозите.

Този коефициент има решаващо значение при определяне броя на коловозите, поради което провеждаме обстойно изследване за определяне на неговите стойности. Границите, в които той може да се изменя са:

$k_c = 1$  при  $N_T = 0$  - няма влакове и всички коловози са свободни.

$k_c = 0,15$   $N_T = \infty$  - асимптота, към която клони максималната възможна заетост. При по-голяма заетост няма възможност за извършване на маневрена работа за преработка на влаковете. По тези два параметъра не е възможно да се установи зависимостта. Необходими са данни за междинни стойности на  $N_T$ . Такива данни ползваме от таблици за коловозната заетост, направени в периода, когато нашите възлови гари са работели с максимално натоварване. Обработени са данни от 20 възлови гари.

Ползвайки приетите параметри и междинните стойности от отчетните данни чрез интерполации бе установено уравнение за  $k_c$ :

$$k_c = 0,15 + \frac{0,8}{N_T + 1} \quad (9)$$

Заместваме във формула 8 и получаваме:

$$n_{KT} = N_T \left( 1 + 0,15 + \frac{0,8}{N_T + 1} \right) \frac{T_T}{24 - T_R} \quad (10)$$

За да има сравняемост на тази нова зависимост с получените по другите два метода, с помощта на компютърна програма беше преработена към параболична крива.

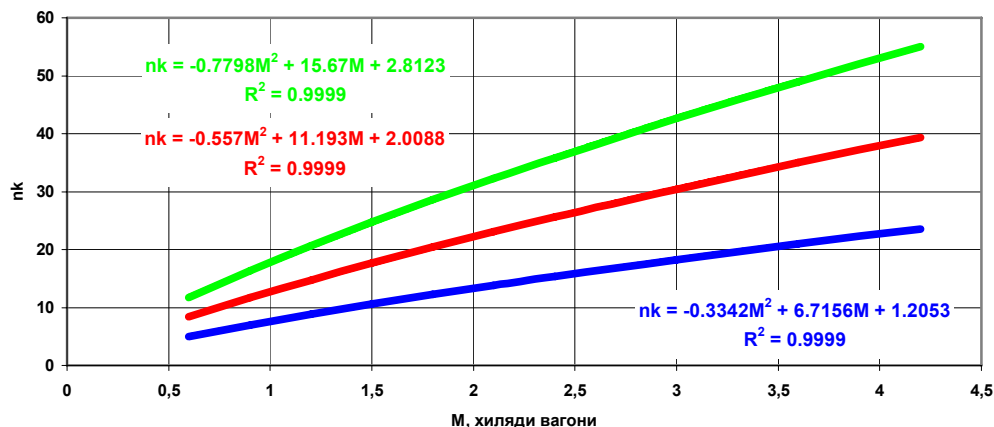
Освен това изчисления бяха направени при различни технологични времена за преработка на влаковете  $T_T = 3,5$  и  $7$  h., при които се преработват съответно 30;50 и 70% от вагоните. Гари, преработващи под 30% от вагонотока не могат да се квалифицират като влакопреработващи, а над 70% от вагоните се преработват само в най-големите разпределителни гари. Зависимостите на броя коловози за товарни влакове от броя преработени вагони са както следва:

$$\text{при } T_T = 3 \text{ h } n_k = 1,2 + 6,7M - 0,33M^2 \quad (11)$$

$$\text{при } T_T = 5 \text{ h } n_k = 2 + 11,2M - 0,56M^2 \quad (12)$$

$$\text{при } T_T = 7 \text{ h } n_k = 2,8 + 15,7M - 0,78M^2 \quad (13)$$

Горните зависимости са представени графично на фиг. 3.



Фиг. 3 Зависимост на броя коловози от броя преработени вагони според коефициента на незаемане

От анализа на получените зависимости и по трите метода се оказва, че най-правдоподобни резултати се получават при параболични криви от вида  $a + bM - cM^2$ . Свободният член показва минималния брой коловози, при които може да се преработват вагони. Вторият член показва пропорционалността на броя на коловозите от броя на вагоните. Третият член характеризира възможността за по-интензивно ползване на коловозите при нарастване на вагонопотока. Параболичната крива има недостатък, че има максимум, но при установените зависимости той е далеч над вагонопотока  $M_T$ , преработен не само в нашите, но и в големите разпределителни гари в другите страни.

Като средна зависимост за ориентировъчни изчисления препоръчваме:

$$n_{KT} = 4 + 12M - 0,5M^2 \quad (14)$$

### ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

1. Към проектиране реконструкцията на гарите в нашата страна и най-вече на тези, разположени по международните железопътни коридори да се пристъпи след като се определи оптималния брой и разположение на гарите, както и необходимия брой на коловозите в тях.

2. Да не се прибързва с демонтаж на коловози, които в момента не са необходими,

докато не се изработи оптимизационна програма.

3. Да не се допуска разпродаване на терени, в и съседни на гаровите райони, които сега са собственост на НК „Железопътна инфраструктура“.

4. При проектиране на реконструкцията да се предвиждат междуколовозни разстояния, освен за осигуряване на габарит и за пешеходни тунели между перонните коловози, за стълбовни линии, кабели, дренажи и други комуникации.

5. В проектите да се предвижда максимално възможно запазване на наличните стрелкови и коловозни развития, съседните им сгради и съоръжения.

6. Надяваме се, че добре обоснованата реконструкция на гарите, разположени по нашите магистрални железопътни линии ще бъде принос за осигуряване на оперативна и технологическа съвместимост на нашата железопътна мрежа, с тези на другите страни членки на Европейския съюз.

### ЛИТЕРАТУРА:

[1] Тасев Й. и колектив, Оптимизация на техническото развитие на влакообразуващите гари при въвеждане на автоматизация и АСУ на експлоатационната работа, НИС – ВМЕИ София 1983;

[2] Табаков В. Железопътни гари и гарови съоръжения, Наука и изкуство, София 1956 г.

## AMENDED METHODS FOR RAIL TRACKS NUMBER OPTIMIZATION IN TRAIN STATIONS AT HIGHER SPEED OF TRAINS

Yordan Tasev, Darina Nitova

*Prof. Yordan Tasev, PhD, TU of Sofia, Darina Nitova, PhD, Senior lecturer, UACEG, Sofia BULGARIA*

**Abstract:** *It is appropriate to review the equipment of the available railway stations and if need is proved, to take steps to reconstruction of such stations. A basic parameter of every station is the number of its tracks.*

*An amendment is suggested to the methods applied until now by introducing two coefficients: one to assess the percent of wagons that passes through a station and were processed there, and another to estimate the time tracks are not used due to technological issues. Some specific recommendations are made as to the application of the amended optimization methods in everyday practice.*

**Key words:** *Tracks, railway stations, work load of tracks, optimization.*