

ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПОДДЪРЖАНЕТО НА ЖЕЛЕЗНИЯ ПЪТ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗЧИСЛИТЕЛНИ МОДЕЛИ ЗА ПРЕДВИЖДАНЕ ВЛОШАВАНЕТО ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ

Владимир Жеков, Методи Атанасов
vladijegov@gmail.com, metodi8atanasov@abv.bg

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

***Ключови думи:** Железен път, влошаване, модели, поддържане*

***Резюме:** Доклада разглежда основните фактори, които оказват влияние за влошаването на състоянието на железния път. Направен е обзор на математическите модели, разработени в световната практика за предвиждане влошаването на параметрите на железния път. Изследвана е степента на влияние на отделни фактори за железния път като преминаващи товари, скорост, вида на горното и долното строене, геометрията на пътя върху общото влошаване. В доклада е изследвана възможността за практическо прилагане на разглежданите изчислителни модели за оптимизация на поддържането на железния път.*

1. Въведение

Влошаването на качеството на железния път е комплексен процес, където всеки компонент от системата въздейства по различен начин. Изменението на състоянието на един компонент влияе на останалите. Съответно за влошаването на този компонент влияние имат различни фактори, които съществуват едновременно.

Поради тази причина изследването на влошаването е сложен и комплексен процес, който включва установяване на условията и параметрите, които водят до влошаване на отделните елементи.

Влошаване на състоянието на релсите

Съществуват редица дефекти, които възникват при експлоатацията на релсите – странично износване, смачкване и неравномерно износване на главата, пукнатини, разслояване и откъртване на метала от повърхността на търкаляне. Страничното износване в кривите и умората на релсите са съществени фактори, които определят края на експлоатационния живот на релсите.

От друга страна неравностите по релсата водят до повишаване на динамичните сили, шума, дискомфорта на пътуване и дефекти по траверсите, скрепленията и баласта.

Влошаване на състоянието на траверсите

Бетонни траверси

Напукванията по траверсите и износването на долния и страничните краища са сред главните фактори за влошаване на траверсите. Натрупването на прах и влага в

областта под релсовата подложка води до износване на бетоновата основа, смачкване на подложката и разхлабване на скрепленията[1].

Влошаване на състоянието на баласта

Замърсяването на баласта е сред главните причини за влошаване на състоянието му. Получава се чрез проникване на прах и дребни частици в кухините на баласта или при замърсяване с външен прах, разливи от вагоните, както и в резултат от физическото и химическо изветряне. Замърсяването на баласта зависи от натоварването на пътя, разпределението, формата и размерите на зърната на баласта.

Замърсяването не се счита за значително, докато размера на финните частици не достигне 10 % или повече. Когато баластните кухини са изпълнени с финни частици баласта е предразположен към замръзване и допълнително влошаване.

Влошаване на състоянието на основата

Влошаването в резултат на трафика се изразява в масивно потъване на земната основа, постепенно потъване и износване[1]. В резултатна замръзване и размръзване на почвата се получават гърбични неравности, хлътвания, изкривявания, издувания, нарушаване откосите на канавките и окопите.

2. Математически модели за предвиждане на влошаването на железния път

2.1. ORE model

Този модел е разработен от Office for Research and Experiments (ORE) на International Union of Railways(UIC). При този модел влошаването на железния път е разделено на две части – първата част разглежда състоянието след подбиване, а втората част е в зависимост от размера на трафика T , осовото натоварване $2Q$ и скоростта V . Състоянието на пътя се определя със следната формула[3]:

$$(1) e = e_0 + hT^\alpha (2Q)^\beta \cdot v^\gamma$$

,където h е константа, а α , β и γ са величини, които се определят по експериментален начин. UIC препоръчва при липса на данни да се използва $\alpha = 1$, $\beta = 3$. Освен това се счита, че влиянието на скоростта може да се пренебрегне, като параметъра v^γ може да не се разглежда отделно, като може да се включи към фактора h .

2.2. Модел на Техническият университет в Мюнхен

В техническия университет в Мюнхен са направени лабораторни изследвания, които имат за цел да установят слягането в резултат на симулиране на определен брой цикли на преминаване на возила. Формулата изчислена по експериментален път е следната[3]:

$$(2) S = a \cdot p \cdot \ln \Delta N + b \cdot p^{1.21} \cdot \ln N$$

Първата част от формулата разглежда слягането непосредствено след дейности по подбиване. ΔN изразява предварителния период, включващ първите преминаващи возила. ΔN трябва да бъде по малко от 10000 цикъла и N във втората част трябва да изразява общия брой на преминалите оси. Напрежението в баласта трябва да бъде изчислено по Метода на Цимерман. Параметрите a и b са параметри, които са в определени диапазони на стойности- a от 1.57-2.33 и b от 3.04-15.2.

2.3. Модел на Сато

Модела на Сато разглежда влошаването на пътя от гледна точка на горното строене. Изследвано е слягането, което се появява като функция от преминалите тонажи, скоростта, вида на пътя- наставов или безнаставов, числен фактор за конструкцията и състоянието на основата като числено определяне от 1 до 10(1 за добра основа, 10 за много лоша). Слягането се изчислява по следната формула[2]:

$$(3) S = 2.04 \cdot 10^{-3} T^{0.31} V^{0.98} M^{1.10} L^{0.21} \cdot p^{0.26}$$

,където S е слягането в mm/100дни , T_e преминалите тонажи в млн.тона/година, V е средната скорост в km/h, M_e фактор зависещ от конструкцията, L зависи от вида на пътя(1 за безнаставов и 10 за наставов).

2.4. Модел на Shenton

Shenton разглежда влошаването на пътя от гледна точка на долното строене. Параметрите, които оказват влияние на състоянието на железния път са вида и размера на траверсите, вида на баласта, състоянието на баласта и земната основа, повдигането от подбивната машина, осовото натоварване и циклите на преминалия подвижен състав. Формулата по която се изчислява слягането е следната[2]:

$$(4) S = K_s \cdot \frac{A_e}{20} \cdot ((0,64 + 0,028 \cdot L) \cdot N^{0.2} + 2,7 \cdot 10^{-6} \cdot N)$$

,където A_e е осовото натоварване , N е общия брой на преминалия подвижен състав , L повдигането от подбивната машина и K което е параметър, чиято функция зависи от вида и размера на траверсите, вида на баласта и основата.

2.5. Модел на Bing и Gross

Bing и Gross провеждат група от изследвания в САЩ, базирани на 460 наблюдения в пробен участък. Като критерии за влошаването на пътя е използван индекс на геометричната точност. Модела включва състоянието на геометрията към момента на изследването, скоростта, възрастта на релсите, индекс на баласта и времето от последните дейности по поддръжката.Формулата изведена от Bing и Gross е следната[2]:

$$(5) TQI_2 / TQI_1 = 1.25 \cdot (TQI_1 / TQI_1^*)^{-0.58} \cdot (V_E / V_E^*)^{-0.18} \cdot (R_A / R_A^*)^{-0.11} \cdot (BI / BI^*)^{1.04} \cdot (1 + FS)^{-0.44}$$

Където TQI_1 е индекса на геометрична точност на пътя в началото, TQI_2 е индекса след определен период от време, V_E е проектната скорост, R_A е възрастта на релсите в години, BI е индекс на баласта. BI се определя по следната формула:

$$(6) BI = AI(BC + 1)^{1/3} + DF$$

Където AI е индекс на материала(обикновено 40 за гранитни и 65 за варовикови скали), BC е индекс за състоянието на баласта (0 за отлично състояние до 3 за лошо) и DF е дренажен фактор(10 за добро състояние и 20 за лошо състояние). Индекса на баласта варира от стойността 40 за отличен до 120 за много лош.

2.6. Модел на Zhang

Този модел се основа на механичен принцип, който е приложим с модел за управление на поддръжкането TМРМ (Track Maintenance Planning Model) като се вписва добре и с минимални данни за състоянието на даден жп участък. Той включва три основни компоненти[4]:

- Неравностите причинени от трафика
 - Трайността на релсите, зависещи от преминаващия трафик и наличието на компрометирани участъци
 - Нарушение в траверсите, което възпрепятства страничното ограничаване
- Този модел е свързан с планираното и непланираното поддръжане.

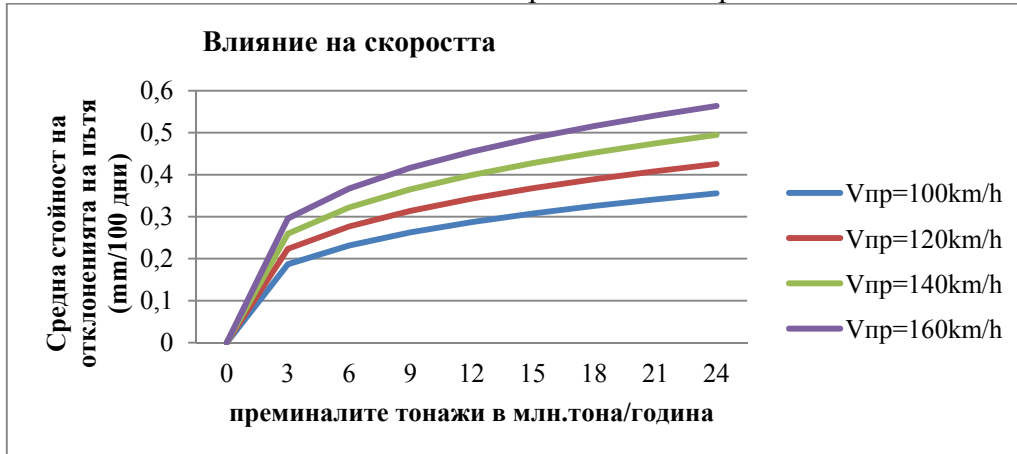
3. Фактори влияещи на влошаването на железния път

Съществуват редица фактори, които влияят на влошаването на железния път, като влиянието на всеки един от тях е трудно да се определи отделно. Описаните математически модели дават представа какво е влиянието на даден параметър като често както беше показано разглеждат влошаването от различни гледни точки – на горното строене, на долното строене, геометричната точност. Влошаването на пътя се разглежда с различни числени параметри – слягане, геометрична точност и като

функция от преминали брой ос, или изминат тонаж в бруто тона. Различни релации са възможни за използване за определяне на влиянието на отделни параметри.

3.1. Влияние на скоростта

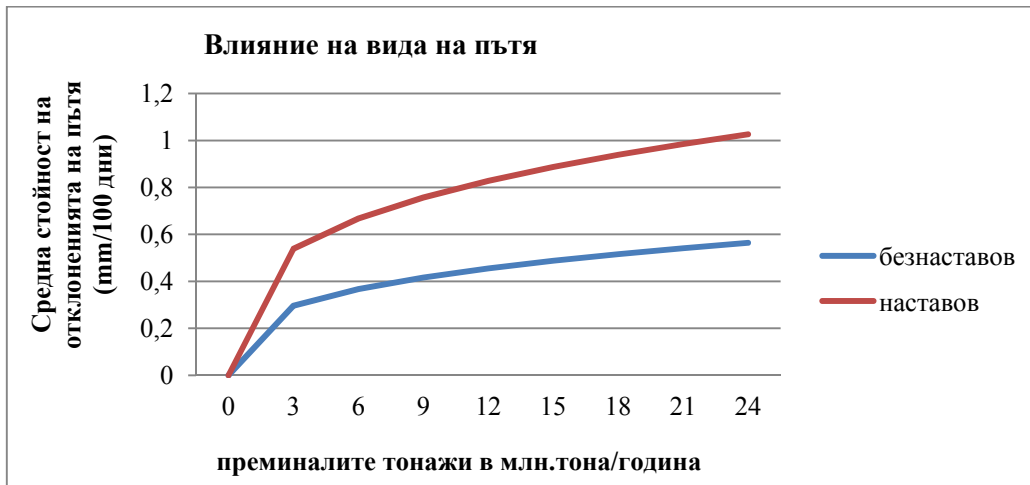
За онагледяване на влиянието на скоростта ще използваме изчисления от модела на Сато. Стойността на влошаването при скорост 160km/h е с 37% по висока от тази при скорост 100km/h при 24 млн. тона за година. При 6 млн. тона на година разликата в стойностите отново е 37% при по ниски относителни стойности. Това определя значително по-висока степен на влошаване при високи скорости.



Фиг. 1 Влияние на скоростта

3.2. Влияние на вида на пътя –наставов или безнаставов

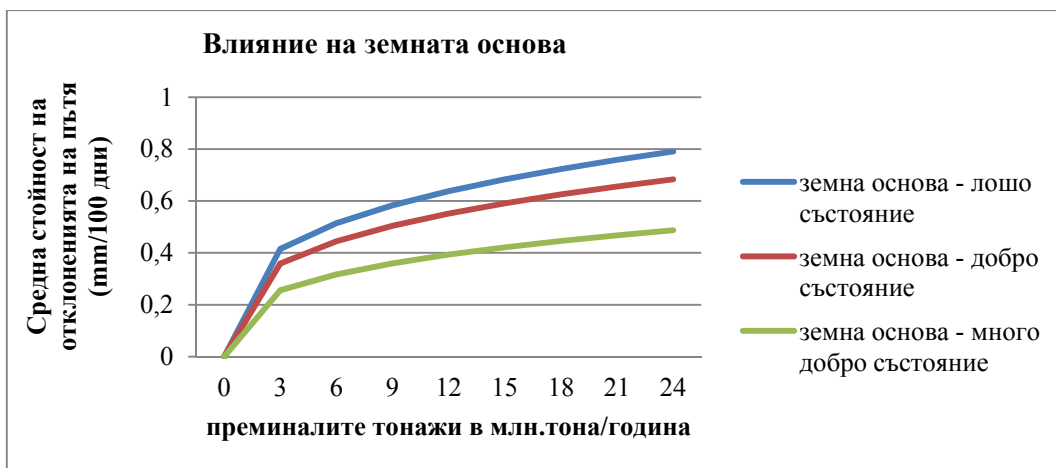
Влиянието ще установим използвайки модела на Сато, където параметъра L в формулата (3) е със стойност 1 за безнаставов и 10 за наставов път. При преминали тонажи от 24 млн.тона влошаването при наставов път е с 45% по голямо отколкото при безнаставов.



Фиг. 2 Влияние на вида на пътя – наставов или безнаставов

3.3. Влияние на състоянието на земната основа

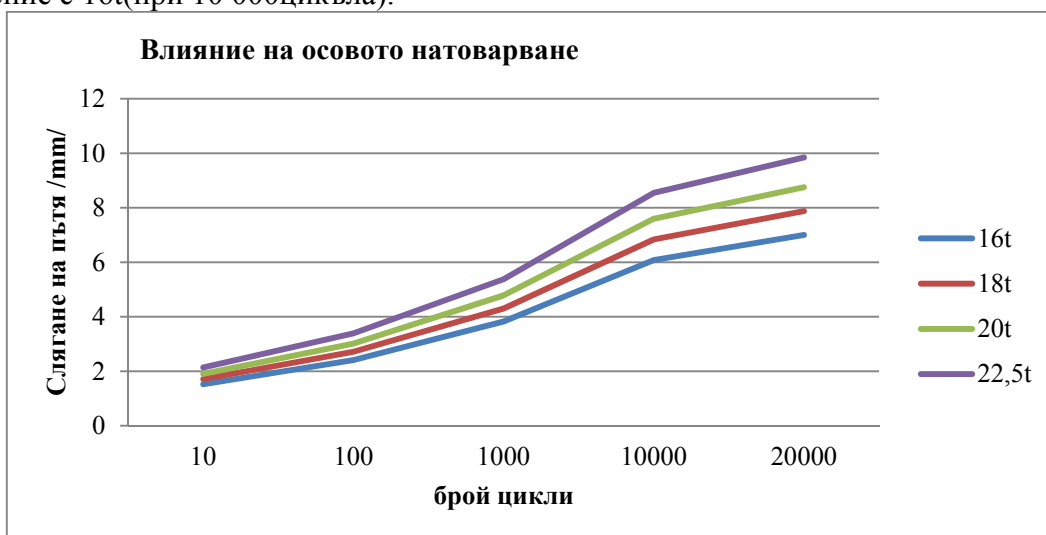
Модела на Сато определя влиянието на земната основа по скала от 1 до 10. На фигура 3 е показано общото влошаване на пътя при различно състояние на земната основа, като стойностите при много лоша земна основа са с 38% по високи в сравнение с много добра основа. Това показва голямо влияние на състоянието на земната основа върху състоянието на пътя.



Фиг. 3 Влияние на състоянието на земната основа

3.4. Влияние на осовото натоварване

Използвайки модела на Shenton определихме какво е слягането на пътя при различни стойности на осовото натоварване и при различни цикли на преминали возила. Общото влошаване на пътя е с 29% по високо при осово натоварване 22.5тв сравнение с 16t(при 10 000цикъла).



Фиг. 4 Влияние на осовото натоварване

Разглежданите математически модели позволяват да се установи връзката между отделните параметри на пътя и тяхното влияние за влошаването на железния път в резултат на експлоатацията. Установените по експериментален път зависимости се използват за създаване на модели за управление на поддържането на железния път.

4. Заключение

Представените причини за влошаването и влиянието на отделните параметри показват степента на въздействие върху състоянието на железния път и необходимостта от поддържането му. Резултатите от проучването на математическите модели и получените стойности зависимости показаха, че с най-голямо практическо значение е влиянието на осовото натоварване, влиянието от вида на пътя, влиянието на земната основа и влиянието на скоростта.

На база представените резултати може да се извлекат и подобни зависимости при комбиниране на наставов или безнаставов път с дадено допустимо осово натоварване. Значително е влошаването на железния път при по-високите скорости.

Постигането на оптимална ефективност на трасето е свързана с ремонтните дейности и поддръжката през жизнения цикъл на железния път. Така ще се намалят общите разходи и ще се удължи експлоатационната дълготрайност.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1]Yn-Jiang Zhang, Martin M., Lnis Ferreira. Track Degradation Predication: Criteria, Methodology and Models. 21st Australasian Transport Research Forum. Adelaide September 1997
- [2] Sadeghi, J. and Akarinejad, H., Influences of track structure, geometry and traffic parameters on railway deterioration, November 2007
- [3]Misra,I., Krishna, B. Handbook of Performability Engineering. Springer Science & Business Media. 2008.c.113
- [4]Simson, S., Ferreira. L. and Murray, M., Modelling rail track maintenance planning using simulation,1999
- [5]Larsson,D., A study of the track degradation process related to changes in railway traffic, 2004

OPTIMIZATION OF THE RAILROAD MAINTENANCE THROUGH CALCULATION MODELS USED FOR FORECAST OF THE DETERIORATION DURING EXPLOITATION

Vladimir Zhekov, Metodi Atanasov
vladijegov@gmail.com, metodi8atanasov@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Geo Milev str. 158, 1574 Sofia
BULGARIA

Key words: *Railwaytrack, deterioration, models, maintenance*

Abstract: *The report examines the main factors which impact the deterioration of the railway. There is a review made of the mathematical models which have been developed in the world practice to anticipate the deterioration of parameter of the railway. The influence of the individual factors is examined such as speed, passed tonnage, supperstructure and substructure, railway road geometry towards the whole deteoration. In the report we are investigating the possibility for a practical appliance of the examined calculation models for optimization of the railroad maintenance.*