

---

## **ПОДХОД ЗА ПЛАНИРАНЕ НА ПРОЦЕСИТЕ НА ПОДДРЪЖКА НА ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА**

**Маргарита Георгиева, Нели Стойчева**  
[mgeorgieva@vtu.bg](mailto:mgeorgieva@vtu.bg), [nstoytcheva@yahoo.com](mailto:nstoytcheva@yahoo.com)

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

***Ключови думи:** Железопътна инфраструктура, поддръжка, планиране на поддръжката, стратегии за управление на поддръжката,*

***Резюме:** През последните петдесет години поддръжката на техническите системи става все по-важна в повечето промишлени и обслужващи сектори. Повредите в такива системи може да причинят скъпоструващи загуби от продукцията и да имат негативни последици за хората и околната среда. Понастоящем има тенденция планирането на поддръжката да изразява във формален вид процеси, за да улесни прилагането им по интегриран и взаимосвързан начин в рамките на една архитектура за моделиране от Изкуствен интелект (ИИ), Машинно обучение (МО) или Експертни системи (ЕС), т.е. на Модели за планиране на поддръжката (МПП). В статията са разгледани задачите за определяне на математически модели за оптимизация на поддръжката и тяхното използване за оптимизация на процеса на поддръжка на железопътна инфраструктура..*

### **ВЪВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМА**

Целите за развитие на железопътната инфраструктура в България се определят на база на целите на Европейската транспортна политика, националната транспортна политика, включваща икономически споразумения, планови критерии и как различните оперативни дейности и дейностите по поддръжката ще бъдат разделени между отделните териториални единици и как ще бъдат осъществени

По-голямата продължителност на работа, по-големият брой влакове и услуги увеличават годишния трафик и ускоряват влошаването на характеристиките на инфраструктурата; това води до увеличаване на броя, сложността и честотата на работите по подновяване и операциите по поддръжка, а от друга страна, намалява времето, с което се разполага за извършване на поддръжка, тъй като железопътните услуги заемат инфраструктурата и подвижния състав през повечето време от денонощието.

Необходимостта от повече поддръжка и увеличаване на времето за нейното извършване са в противоречие с увеличеното използване на инфраструктурата от страна на влаковите услуги за задоволяване на търсенето. Всички тези фактори довеждат до сериозно нарастване на разходите за поддръжка и принуждават управителите на инфраструктурата и железопътните оператори да балансират между тези фактори чрез системи за управление, осигуряващи разумни решения за

потребителите по отношение на много аспекти на услугата (качество, безопасност, цена).

Заинтересуваността на всички управители на жп инфраструктура и оператори да поддържат разходите в определени граници ги насърчава в последните години да инвестират усилия в програми за научни изследвания и разработки, за да се улесни намирането на практическо решение на този проблем.

## 1. ДЕЙНОСТИ ЗА ПОДДРЪЖКА

Дейностите за поддръжка могат да се разделят на четири основни категории:

- ✓ аварийна поддръжка;
- ✓ коригираща поддръжка;
- ✓ превантивна поддръжка;
- ✓ диагностична поддръжка.

**Аварийна поддръжка (АП)** обхваща дейностите, които се изпълняват, когато оборудването вече е износено до точката на повреда и поддръжката се извършва след това за отстраняването ѝ. **Коригираща поддръжка (КП)** се предизвиква от непланирано събитие и има за цел да се възстанови повреден или неработещ нормално възел, оборудване или система, когато той е аварирал или износен за да бъде в изправност и да заработи възможно най-скоро. Разходите за такава поддръжка обикновено са високи поради спешната нужда системата да бъде ремонтирана и готова и реалната възможност повредата в един възел да предизвика други повреди, както и в следствие на начална повреда може да възникнат непредвидени външни разходи.

Главната цел на **превантивната поддръжка (ПП)** е да се намали вероятността от възникване на авария и прекъсване на работата. Превантивната поддръжка може да се планира предварително и да се изпълни в удобно време, когато възелът/системата не работи. Значението на превантивната поддръжка нараства все повече поради икономическия интерес от намаляване на разходите за поддръжка. **Диагностична поддръжка (ДП)** е една стъпка напред и е предназначена да сведе до минимум коригиращата поддръжка и е известна като поддръжка според състоянието. Представява методи и задачи, които спомагат да се определи състоянието на обслужваното оборудване с цел да се прогнозира кога се налага поддръжка и кога би трябвало да се извърши. Тя се основава най-вече на прогнозни модели, които предвиждат риска от възникване на неизправност и остатъчния срок на годност на компонентите, за да се интегрират тези модели за отделните компоненти в системния модел, съставен от компонентите, и накрая те да бъдат включени в прогнозния модел за съоръжението. Тези действия са опит да се прогнозира кога се очаква възникване на неизправност и да се планира превантивна поддръжка.

Четири вида поддръжка могат да бъдат координирани по планова схема, чрез съчетаване на дейности, за да се сведе до минимум времето на престой на оборудването. За да се поддържа нивото на предлаганите железопътни услуги по стандартите за качество, всички елементи в железопътната инфраструктура трябва да функционират надеждно в съответствие със своето предназначение. Това изискване е в основата на управленската стратегия за поддържане и контрол върху отклоненията, установени или предвидени, в състоянието на всеки компонент. За да се поддържа нормалното функциониране на инфраструктурите, системата за управление следва да разработи План за поддръжка. Начинът, по който този план се разработва хронологично, определя Планирането на поддръжката (фиг.1).

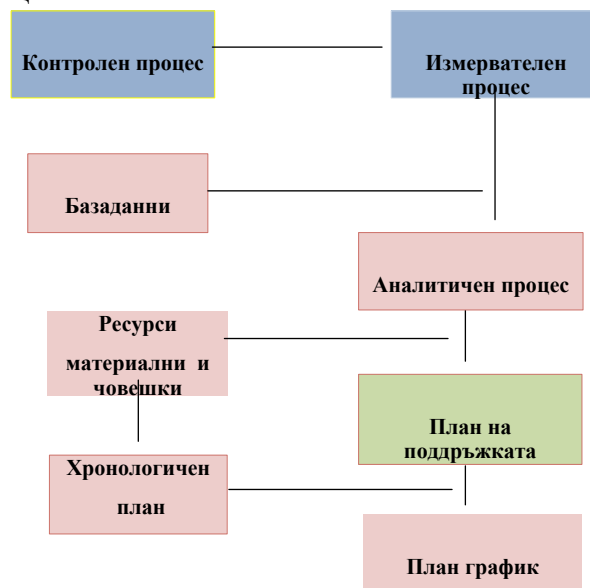
✓ Планът на поддръжката обединява действията, които следва да бъдат извършени, за да се осигури надлежното функциониране на всички елементи и части на системата и се състои от няколко основни процеса: контролен, измервателен

аналитичен и диагностичен. Планът включва разбивка на действията, както и необходимите ресурси – материални, човешки, времеви и административни.

✓ Хронологичният план определя наличните времеви прозорци. Това са времеви прозорци за действията и единичните операции, и времеви прозорци за наличните и необходими ресурси като резултат от Плана за поддръжка.

✓ План-графикът привързва Плана за поддръжка и Хронологичния план, засичайки задачите/операциите и времевите прозорци.

Поддръжката е жизненоважна за осигуряване на безопасност, точно спазване на влаковото разписание, използване на цялостния капацитет и по-ниски разходи за съвременните железници



Фиг.1 Блок-схема на процеса за планиране на поддръжката

Има тенденция планирането на поддръжката да изразява във формален вид горните процеси, за да улесни прилагането им по интегриран и взаимосвързан начин в рамките на една архитектура за моделиране от Изкуствен интелект (ИИ), Машинно обучение (МО) или Експертни системи (ЕС), тоест на Модели за планиране на поддръжката (МПП).

Поддръжката на инфраструктурата може да се отнася за следните компоненти: Поддръжка на релсовия път; Поддръжка на оборудването за електрификация; поддръжка на оборудването за сигнализация; Поддръжка на железопътния трафик.

Поддръжката на всички тези подсистеми е комплексен въпрос, което прави трудно планирането и изпълнението на задачата за поддръжка. Когато се планира поддръжката е необходимо да бъдат взети предвид такива фактори като геоложките особености, топографията и климатичните условия. Поддръжката е от критично значение за осигуряване на безопасност, точно спазване на разписанието, използване на пълния капацитет и по-ниски разходи за съвременните железопътни линии.

## 2.ФОРМУЛИРАНЕ НА ЗАДАЧИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПОДДРЪЖКАТА

При формулирането на математически модели за оптимизация на поддръжката на железопътна инфраструктура, обикновено процесът на поддръжка се структурира чрез обособяване на няколко отделни фази за вземане на решения.

1. Определяне на бюджет: В повечето случаи бюджетът се определя на годишна база въз основа на исторически данни и корекции за отразяване на инфлацията, повишения на ефективността, специални обстоятелства и др.

2. Дългосрочна прогноза за качеството: моделите за определяне на амортизацията и влошаването се изготвят въз основа на данни от извършените технически прегледи/обследвания на инфраструктурните елементи. Качеството на елементите се прогнозира, като се взема предвид очакваното потребление на железопътен капацитет в бъдеще.

3. Идентифициране и дефиниране на проекти: Проектите за поддръжка и възстановяване се извеждат според резултатите от прогнозните модели, изпълнени на предишния етап, и на определения бюджет. Приоритизация и подбор на проектите: За всички идентифицирани проекти се определят приоритети през следващите години, за да се подберат тези, които реално трябва да бъдат изпълнени през следващите няколко месеца. Окончателният подбор се извършва с оглед балансиране на натовареността на изпълнителите, които реализират тези проекти.

4. Разпределяне и съставяне на график за освобождаване на релсовия път: Освобождаването на релсовия път е критичен фактор при планирането на поддръжката от гледна точка на железопътните превози. Следва да се определи кои операции изискват освобождаване на линията през нощта, почивните дни или дори за по-дълго.

5. Комбиниране на проекти: Въз основа на списъка (годишен или месечен) от утвърдени проекти се извършва анализ на това кои проекти могат да бъдат комбинирани един с друг, с текущи ремонтни работи или някои все още неутвърдени работи, с цел да се намали времето за освобождаване или да се реализират икономии на други разходи. Фази 4, 5 и 6 са силно зависими една от друга и понякога могат да се изпълняват заедно.

6. Краткосрочно планиране на поддръжката: За избраните и подходящо комбинирани проекти за поддръжка се съставя подробен график. Това включва график и резервиране на всички необходими ресурси, като работна сила, специално оборудване, материали и др.

На практика тези фази не винаги се изпълняват в строга последователност и понякога се повтарят циклично или на по-малки стъпки.

От гледна точка на моделите за оптимизация на поддръжката и тяхното използване за оптимизация на процеса се дефинират три нива на планиране:

✓ На стратегическо ниво се извършва дългосрочно планиране за определяне на общата концепция за поддръжка. Ремонтните цикли и проектите за възстановяване и подмяна се определят с използване на модели за амортизация и влошаване. Решенията относно организацията на звената за поддръжка, персонала, оборудването, външните изпълнители и др. са по-скоро въпрос на индустриална организация, отколкото на математическо моделиране

✓ Тактическото планиране включва етап на подбор и комбиниране на предварително дефинираните ремонтни работи и проекти и минимизиране на времето за освобождаване на релсовия път, вземайки предвид разписанието на влаковете. Хоризонтът на планиране е средносрочен, в рамките на една година.

✓ През оперативната фаза реално планираните превантивни операции се допълват с коригиращи операции, наложени вследствие на аварии, повреди или диагностични работи. Необходимо е да се състави краткосрочен график на всички необходими ресурси, като се има предвид и освобождаването на релсовия път, за да се сведат до минимум нарушенията и съкращенията на железопътните превози.

Предпоставките и целите за изработване на ефективна стратегия за поддръжка на ДП „НКЖИ“ могат да се формулират, като се отчетат:

- Годишното финансиране съгласно Договора между НКЖИ и държавата;
- Договори с клиенти/изпълнители/организации; Продължителност на договорите, обхват на договорите, плащания с външни изпълнители;

- Договори с оператори и изготвен график на движението на влаковете като се фокусира върху ефективността и способността да се изпълнява графика;
- Нормативна уредба; Изисквания за безопасност;
- Търсене на точност в комбинация с конкурентноспособност при управлението на трафика и дейностите по поддръжка;
- Наличие на активи с различна комплексност, възраст и стандарти
- Ограничен достъп до железния път за изпълнение на дейностите по поддръжка
- Планиране на дейностите във времето; Цена на жизнения цикъл на изделията (LCC) и обща цена на управление на активите

След наличието и ежедневното поддържане на базата данни ДП „НКЖИ“ ще бъде в състояние да прави ежемесечни (ежедневни) отчети и анализи на състоянието на системите и техните съставни елементи. Това ще подобри планирането на дейностите по поддръжката и оптимизацията на разходите за целта.

Един от най-важните елементи от планирането на поддръжката за гарантирането на безопасността е разчетът на разходите (фиг.2) Поддръжката на железопътната инфраструктура включва редица операции: възстановяване на различни елементи от релсовия път, подмяна на инфраструктурни елементи, превантивна и коригираща поддръжка. Размерът на разходите за поддръжка в някои сектори се представя като процент от общите експлоатационни разходи.

Върху тези разходи влияят такива фактори като:

- ✓ увеличаване на дейностите за поддръжка поради по-строгите стандарти за качество;
- ✓ увеличаване на цената на труда на персонала по поддръжка;
- ✓ увеличаване на разходите за управление.

В тази връзка поради икономическия интерес от намаляване на разходите за поддръжка нараства все повече значението на превантивната поддръжка. Заради неочаквани повреди задачите за коригираща поддръжка са от особено значение.

Разчетните разходи за всяка от ремонтните операции са предпоставка за разработване на по-комплексен модел, в който разходите се разглеждат по отношение към целия живот на инфраструктурния елемент. Това моделиране може да помогне при избора на най-икономичната стратегия за поддръжка. Изключително важно е да се направи прецизен разчет на разходите по всяка ремонтна дейност, тъй като разчетите се залагат като входящи данни на сложни модели.



**Фиг.2 Общи разходи за поддръжане и възстановяване на ДП „НКЖИ“ за 2011г.**

Една Компютъризирана система за управление на поддръжката (КСУП) може да извежда различни видове резултати за опростяване разработването на ремонтни планове или за тяхната автоматизация в по-голяма или по-малка степен. По-конкретно, следните действия попадат във възможностите на КСУП:

- оптимално разпределение на човешките и материалните ресурси между отделните ремонтни дейности;
- поддържане и актуализиране на база с данни за състоянието на системите;
- прогнозиране на потребностите от превантивна поддръжка въз основа на съхраняваната информация;

- планиране на потребностите за доставки на материали и оборудване необходими за ремонтните дейности;
- разработване на планове за интервенции с цел изпълнение на необходимите ремонти при непредвидени събития.

Друга отправна точка е събирането на ключови данни за ремонтно-възстановителните процеси по компонентите. Необходимо е да се събират данни за очаквания полезен живот и праговите стойности за ремонтно-възстановителни работи; данни относно методите за основен ремонт и възстановяване. Тази информация трябва да бъде налична в т. нар. „Ремонтни концепции“, които съдържат цялата информация, свързана с поддръжката на съответния актив.

Освен това са необходими данни за процесите на поддръжка и отстраняване на повреди, като време за реакция и ремонт, годишен обем на разходите за малки ремонти и обследване (на тон–километър или годишно за километър).

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Железопътната инфраструктура включва активи, в които се влагат значителни инвестиции. Те са проектирани за експлоатация при много строги условия на безопасност и високи изисквания за недопускане на аварии. През последните години организациите, управляващи железопътната инфраструктура, проявяват силен интерес към разработването на нови техники за надеждна и прецизна оценка на железопътната инфраструктура с оглед подобряване на ефективността на превантивната поддръжка и свеждане до възможно най-ниско равнище на необходимостта от аварийна поддръжка.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Strategy for the Development of the Transport System of the Republic of Bulgaria Until 2020.
- [2] Strategy for the Development of the Transport Infrastructure of the Republic of Bulgaria by 2015.
- [3] White paper “European transport policy for 2010: time to decide”.
- [4] Five year program for the development and using of railway infrastructure for the period 2011-2015.

## **AN APPROACH FOR PLANNING OF THE PROCESSES OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE MAINTENANCE**

**Margarita Georgieva, Nelly Stoytcheva**  
[mgeorgieva@vtu.bg](mailto:mgeorgieva@vtu.bg), [nstoytcheva@yahoo.com](mailto:nstoytcheva@yahoo.com)

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

**Key words:** *Railway infrastructure maintenance, management strategy maintenance.*

**Abstract:** *Over the last fifty years, maintenance of technical systems is becoming increasingly important in most industrial and service sectors. Damage in such systems can cause costly losses in production and have negative consequences for people and the environment. Currently tends to support planning is a formal type of processes to facilitate their application in an integrated and holistic manner within an architecture modeling of Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (MoD) or Expert Systems (EU), ie .is. Models of maintenance planning (MSP). The article dealt with mathematical models for optimization of maintenance and usage optimization process poddrzhka.razgledani are peculiarities in the development of a strategy for maintenance of the railway infrastructure.*