

АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА ВЛАКОВЕТЕ, ВНЕДРЕНА В ДП „НКЖИ“ НА ГАРА ЗИМНИЦА

**Андреас Шьобел, Нели Стойчева, Иван Бакалски,
Бисер Минчев, Йоханес Карнер**
nstoytcheva@yahoo.com

*Технически Университет, Виена, АВСТРИЯ
ВТУ „Т. Каблешков“, ДП „НКЖИ“, София, БЪЛГАРИЯ*

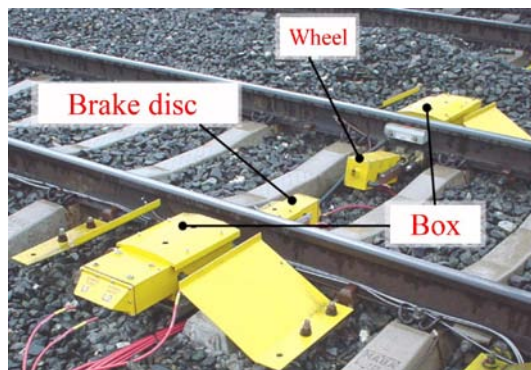
Ключови думи: Детектор „загreti букси“, жсп мониторинг

Резюме: В рамките на сътрудничеството на ДП „НКЖИ“ и OBB Infrastruktur Betrieb AG е направен анализ на необходимостта и внедрена крайпътна автоматизирана системата за наблюдение на влаковете за ДП „НКЖИ“ в района на гара Зимница. Проектът е реализиран под научното ръководство на Техническия университет във Виена, Австрия.

Увод

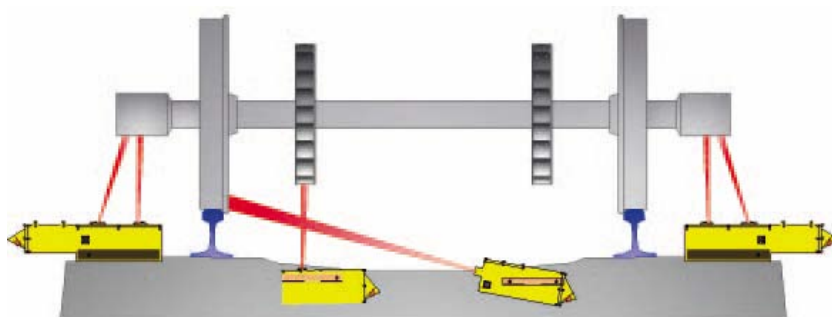
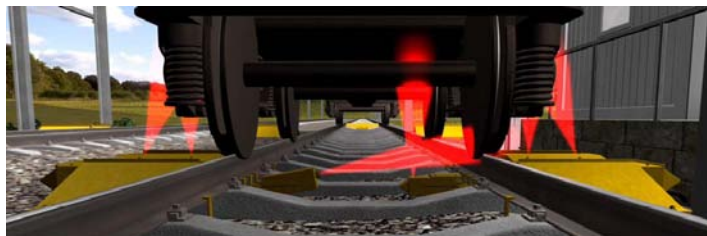
Внедрената система се състои от две системи за контролиране на прегряване на буксите от тип ТК99 и една система за проверка на осите G2000.

Внедрената система ТК99 се монтира стационарно в зоната на железния път, за да може да контролира прегряването на спирачките и буксовите лагери на преминаващите покрай нея железопътни возила с помощта на четири инфрачервени сензори (фиг. 1). Два от тях (фиг.1. - Box) се използват за сканиране на лявата и дясната страна на возилото, един е за колелата и един за дисковите спирачки (Brake disk).



Фиг.1. Система ТК99 , Измервателна геометрия

Основен елемент на системата е патентовата система за измерване на геометрията (Патент АТ 408 214 В), която е адаптирана за RoLa- Интермодални превози, талиги тип Y 25 и Y 31.



Система G 2000

Системата G 2000 е директно монтирана (с болт или запоена) на релсата и е разположена по ширината на линията



Системата се състои от четири основни компонента (фиг. 2):

- Сензор в кухата траверса (НОА/FBOA/FBOA-SB)- носач на пътното устройство;
- Релсова електроника в 19''шкаф и
- Релсови контакти, които се монтират директно върху релсата.

Компонентите са свързани помежду си със сигнални и енергозахранващи кабели. Задачата на системата е да измерва температурата на буксовите лагери и спирачките на движещите се покрай съоръжението железопътни возила и да подават алармен сигнал до компетентния персонал, когато температурата превиши допустимите гранични стойности за подаване на аларма. Основната съставна част на Phoenix MB е оптичната система с инфрачервени лъчи за многократно редово опипване на ходовата част (8 елемента с инфрачервени лъчи) с ширина на опипване от 5 до 12 cm.

Системата Phoenix MB е в състояние да идентифицира движещите се в Европа железопътни возила и свързаните с тях различни типове буксови лагери и спирачни системи при скорост на движение на влаковете до 500 km/h и надеждно да откриват опасни ситуации. Конструкцията е от модулен тип, което позволява лесно и икономично поддържане на системата.

Чрез сравняване на средно годишната загуба и на риска за няколко държави се съставя матрица на риска, според европейския стандарт EN 50126. След определянето на целта: гарантиране на безопасността за НК "ЖИ", беше определен размерът на инвестициите за предотвратяване на риска. Конкретно търсенето включваше - претоварване, повредени спирачни системи и окопани бандажи. Окончателните препоръки доведоха до определяне на прототип на инсталация за мрежата на НКЖИ. По-нататъшното сътрудничество ще бъде посветено на една цялостна стратегия за разширяване за покриване на всички основни линии на НК "ЖИ".

В резултат на продължаващото намаляване на броя на персонала и по-специално на гаровите инспектори, за железопътната система са необходими нови организационни и технически решения. Последиците от това развитие ще бъдат компенсирани от въвеждането на нови технически решения. Новите процеси са по-малко трудоемки и по-ефективни. Ролята на традиционния надзор на влака, обаче, е добър пример да докаже, че технически решения, които в момента са на разположение на пазара, не осигуряват цялостно решение.

Гаровите инспектори не са единствените служители, които отговарят за работата на влаковете, и които извършват надзор на влака. Системите за сигнализация и надзор на стрелките и пътя трябва да следят за състоянието на подвижния състав. Местата за следене на влака са дефинирани според организацията на движението с разполагане на датчици, като по този начин се създава възможност за надзор на влака по железния път. Подмяната на механичните сигнализационни устройства води до намаляване на работните места за наблюдение на влаковете. Технологичният прогрес ускорява тази тенденция. Чрез въвеждането на системи за управление на кризи и на мрежата от места, в които да се следят влаковете, рисковете се намаляват значително.

В резултат на постепенното въвеждане на тази стратегия, чиято цел е по-висока производителност, човешкият пряк надзор на влак няма да съществува в близко бъдеще. Ето защо, тази задача трябва да бъде поета от технически системи. По отношение на бъдещите им места, има възможност за избор в два аспекта:

- При традиционния влак човешкият надзор може да бъдат заменен с технически еквивалентни средства, които трябва да бъдат инсталирани.

- Броят на местата и / или системите, необходими за провеждане на влаков надзор могат да бъдат оптимизирани, при условие че те се основават на сравнението на разходите и ползите. В този случай, броят на местата трябва да бъдат по-малък.

Един подход за втората концепция е разработен в рамките на една тема, представена в Института по железопътно инженерство, транспортна икономика и въжени линии във Виенския университет. Внедряването в железопътната мрежа на ОВВ е показало, че потенциалните рискове могат да бъдат сведени до такава степен, че нивото на безопасност да не е засегнато и разходите за замяна на традиционните надзор влак със сензорни компоненти не е прекалено високи. Технически системи за автоматичен контрол са в състояние да проверят влака от двете страни по едно и същото време.

Местата на точките за проверка не трябва да повтарят традиционните места за влаков надзор. Това ще доведе до по-малък брой места, необходими за автоматичен контрол на влака. В допълнение към това, техническите системи, използвани за

автоматичен контрол на влака, са в състояние да откриват дефекти на подвижния състав, които не могат да бъде открити дори от добре обучени гарови инспектори. Следователно, тези технически системи са много важни с оглед ранно идентифициране на аварии и ще доведат до по-висока продуктивност. Контролните пунктове могат да бъдат определени като места, съдържащи натрупване на технически системи, които са необходими, за да се даде възможност за замяна на традиционния надзор на влака [1].

Въз основа на опита за крайпътен мониторинг на влаковете, който има ОВВ бе направен прототип на контролно-пропускателен пункт, инсталиран в мрежата през 2003 г., тази тема стана част от сътрудничеството по меморандума между НКЖИ и ОВВ.

МЕТОДОЛОГИЯ

Целта на тази статия е да се представят данни във връзка с инциденти, които могат да бъдат предотвратени от автоматизирана система за наблюдение и да се направи анализ в резултат на мониторинга на влаковете за периода от две години и половина, през които тя е в експлоатация.

Целта на този проект е да се анализира необходимостта от крайпътни системи за влаков мониторинг на българската инфраструктура "НК" ЖИ ", при отчитане на техните гранични условия за България. Затова бяха проведени три работни срещи с експерти от НК "ЖИ" и ОВВ и беше отговорено на следните въпроси:

- Оценка на риска, причинен от повреден вагон в състава на влака
- Определяне на нивото на безопасност, което е цел на НК "ЖИ"
- Разработване на препоръки за практическо използване.

Като цяло оценката на риска е различна задача, тъй като база данни за произшествието само предоставя показатели. Опасните ситуации, при експлоатация, която не водят до злополука (катастрофа) обикновено не се съхраняват в базите данни за инциденти, въпреки че тези случаи са от значение за оценка на риска. За да се компенсира това липсващата информация за решението на оперативните експерти, е много важна. Разбира се, първата задача е винаги да има по-достоверни данни на базата на инциденти, което означава да има достоверни стойности на разположение за оценка на риска. Ето защо е необходимо да се знаят подробности за историята на произшествието. Понякога предварителната категоризация не е подходяща за конкретен инцидент. От друга страна, базата данни за произшествието дава първия показател за потенциалния риск. Конкретната цел на базата данни за произшествието е, ако е възможно да се признае една грешка от страна на пътя и да се подобри система за мониторинг. Така че опасността, която е във фокуса на този анализ трябва да бъде свързана с вагона и появата и след известно време, но тя следва да се измери с някои видове оборудване преди инцидента.

Рискът винаги се определя като продукт на вероятностите и тежест. За практическата работа, оценката на риска изисква по-общо разглеждане. Освен това трябва да бъде избрано подходящо оформление. Европейският стандарт EN 50126 [2] предлага възможност да се оценят различните рискове чрез използването на риск-матрица. Структурата на матрицата дава възможност да се оценят различни рискове, идващи от различни вагони и събития в железопътната експлоатация. Използването на матрица на риска в сигнализацията винаги е като вид изкуство [3]. За оперативното прилагане на качествените описания на вероятностите (таблица 1) и тежестта им (таблица 2) рискът трябва да се определи количествено. В калибриран вид матрицата (фигура 1) трябва да покрива гама от оперативни обхват.

Таблица 1. Вероятност

	Квалифицирани като	Количествено
A	Често повтарящи се	Седмично
B	Вероятни	Месечно
C	Случайни	Веднъж на тримесечие
D	Далечни	Целогодишно
E	Слабо вероятни	След десет години
F	Невероятни	Веднъж на сто години

Таблица 2. Количествена тежест

	Квалифицирани като	Количествено
V	Незначителни	10,000 лв
II	Пределни	100,000 лева
I	Критични	1.000.000 лева
	Катастрофични	10.000.000 лева

В рамките на втория семинар за крайпътния мониторинг на влаковете беше приета защитна граница от 1 млн. лева годишно. Защитната цел разделя матрицата на две части: едната под границата, когато не се предотвратяват аварии, и един над защитната граница, когато е налице сериозно търсене на определени превантивни мерки за намаляване на риска за Оператора на инфраструктурата, причинена от вагон, който би предизвикал авария.

A	0,48	4,8	48,0	480,0
B	0,12	1,2	12,0	120,0
C	0,04	0,4	4,0	40,0
D	0,01	0,1	1,0	10,0
E	0,001	0,01	0,1	1,0
F	0,0001	0,001	0,01	0,1
	IV	III	II	I

Фиг.1. Калибрирана матрица на риска в млн. лева на година

Калибрираната матрица на риска може да се използва за оценка на рисковете, които могат да унищожат инфраструктурата на Оператора на инфраструктурата. Поради това е необходимо да се провери дали всички добре познати аварии и аварийни ситуации са взети под внимание.

Съдейки от опита на Австрийските железници за контрол на влаковете по пътя [4] са попълнени следните състояния на рискове в матрицата:

- **дерайлиране:** Дерайлиране на ос или на цяла талигата често се случва в разпределителни гари. Обикновено такива дерайлирания бързо се разкриват от персонала на железниците и произтичащите щети на инфраструктурата са ниски. Но за междугарието, дерайлирането остава често незабелязано в продължение на няколко километра, защото машинистите нямат възможност да разберат тази авария. В такива случаи, последиците са огромни щети на горното строене и изключително високите разходи за ремонт.

- **Блокирана спирачка:** Поради повреда в контролната част на спирачна система с пневматично задвижване, спирачните калодки или дискове на една ос не могат да бъдат освободени. В по-голямата част от случаите, триенето не е достатъчно голямо, за да блокират цялата ос. Следователно, няма да има постоянно прегряване на спирачните дискове (за дискови спирачни системи) или на колело (за блок спирачни системи). Освен това, блокирани спирачки може да предизвикат пожари в талигата или горното строене поради искри. Тези искри могат да подпалят растителността извън железопътните линии. В други случаи на голямо триене на оста тя ще блокира и колелата ще се плъзгат върху релсите.

- **Колело с неправилна форма:** Терминът описва дефекти, причинени от много различни нередности, които могат да се появят на повърхността на търкаляне на колелото. Така например, плоските петна са плосък участък на кръглата колело, докато подуванията са подобни на малки подутини метал. Такива са и малки части от примесни материали показали се на повърхността. Всички те водят до промяна на плавността на движението на влака и допълнителни силови ефекти в железния път и в колелото. По този начин, тези колела могат да навредят на железопътния транспорт и следва да бъде заменени.

- **Загрята букса:** В резултат на липсваща смазка или смазване на механично повредени части от оста, увеличеното триене затопля лагера по време на движение. Следователно, добър и доказан индикатор за повреден лагер е температурата на самата кутия (букса).

- **Счупена ос:** Може да има два вида счупване на оси. Студеното счупване е повлияно от металургична причини (материални дефекти и т.н.). За разлика от студения тип, ако има дълго излагане на топлина, свойствата на материала може да се повлияят отрицателно (топло счупване на ос). В комбинация с високо механично натоварване, такава отслабена ос може да се счупи и да се наруши железопътния трафик, а това води до загуби.

- **Незакрепени или небалансирани товари (ляво / дясно, отзад /отпред):** Ако товарите не са подредени правилно, могат да бъдат изместени по време на движението на влака. Подобно събитие може да се случи, ако състоянието на крепежен материал е лошо и по този начин, закрепването се скъса. Освен това някои товарни вагони може да бъдат дебалансираны поради неправилно позициониране на товара.

- **Нарушаване на габарита:** Рисковата ситуация, причинена от нарушаване на габарита се характеризира със следните аспекти: ако е повече от външната страна, възможен е сблъсък със стълбове на контактната мрежа, ако е повече от вътрешната страна на двупътна жп линия, по-висок е рискът от удар с разминаващи се влакове или със сигнални постове, ако е горе, може да се увреди контактната мрежа. Освен въпрос за проектиране на системата за контрол е какви елементи ще нарушават габарита. Освен неукрепени товари и нестабилно закрепване на товара, дори цели дерайлирали вагони може да надвишат габаритното оформление. При нископодов вагон специфичен проблем е просвета под вагона и габаритно нарушение от антени на камиона. По-

подробно, нископодовите вагони предлагат превоз на камиони на железопътен транспорт. Добре известен проблем на нископодовите вагони са модерните радиостанции в камионите. За да получат добър прием антените на радиото се разширяват автономно по време на транспортирането на вагони. Поради факта, че в тунелите височината на контактния проводник се понижава, то и възможността за нарушение на габарита се увеличава.

- **Отворена врата:** Вратите на пътническите вагони, понякога не са затворени, дори ако е монтирана система за автоматично затваряне вратите. Така пътник може да падне, докато стои до отворена врата. В товарните влакове отворените врати може да доведат до загуба на стоки.

- **Пожар във вагона (товара):** Пожарът може да бъде следствие от голямо триене на товара или на компоненти на вагона, но също така и други източници на запалване, като дефекти в електрически уреди, химична реакция или немарливост на пътниците могат да бъдат първопричина. Въпреки, че пожарите са рядкост в железопътните превози, то пожар в железопътните тунели е важен въпрос при разрешаването на строителство на нови линии. Пожар в тунел може да доведе до смърт, загуба на средства и нарушаване на целостта на тунелната конструкция. Бързото повишаване на температурата и дима при тези условия прави пожарите по-опасни от конвенционалните пожари. При пристигането на пожарната команда до портала на тунела най-вероятно няма да има достъп до мястото на инцидента в тунела.

- **Претоварване:** Ако натоварване на вагона е твърде тежко, всички основни компоненти на вагона (рама, талига, оси, колела и релси) са претоварени. Това претоварване води до увеличаване на износването и трябва да бъде предотвратено.

- **Композиране на влака:** трябва да има актуализиран списък на всички вагони, за товарния влак да се знае точното действително тегло и спирачното състояние на влака.

За всички катастрофи и инциденти въз основа на национална база данни за произшествието се извършва оценка на риска, причина и вина за състоянието на инфраструктурата. В резултат на втория семинар бе попълнена матрица на риск за НК "ЖИ", която показва специфичността търсена за крайпътен мониторинг на влака в тяхната мрежа (на НКЖИ). Поради бизнес причини резултатите не са показани в този доклад, но препоръките са обяснени като цяло.

Резултати от прототипът, монтиран в Зимница

- 2 системи тип "ТК 99"
- 1 система тип "G 2000"



Системата е монтирана в участъка на гара Зимница (двупътен участък- фиг.1). При двупътна линия насрещният коловоз може да се измерва от един и същ апаратен пост. За тази цел е използвано двойно съоръжение. Това означава, че всички конструктивни възли на пътното устройство (носачът на пътното устройство със сензорите и релсовите контакти) са монтирани повторно на съседния коловоз съобразно обичайната посока на движение. Дублираи са също така датчикът за външна температура и GPS, а в разпределителния шкаф е монтирано допълнително електронно изчислително устройство, храняващ блок от мрежата и присъединителният конструктивен възел за пътните устройства.

На база на статистическа информация, предоставена от ДП „НКЖИ” за периода 2010-2011г. и тяхната обработка, бяха получени следните резултати.

Установени са 50 събития с 24 влака, както следва:

- 14 Нагрети букси ($>100^{\circ}$)
- 18 Топли букси ($>60^{\circ}$)
- 1 Нагорещени спирачки ($>270^{\circ}$)
- 3 Топли спирачки ($>220^{\circ}$)
- 14 Небалансиран товар (десни или леви) ($>1:2$)
- 1 Небалансиран товар (отпред назад) ($>1:2$)

Изводи

Според опита на австрийските железници всяка десети нагрета буква може да доведе до сериозно дерайлиране. Като се има предвид броя на 14 нагрети букси в рамките на пет месеца на оценка на данни изглежда, че най-малко едно дерайлиране е било възпрепятствано от детекторите на нагрети букси в Зимница. Като се има предвид потенциалната вреда от дерайлиране по отношение на разрушената инфраструктура (железен път, траверси, сигнали и др.) това може да се посочи като много голяма полза. Следователно може да се изчисли общият коефициент на разходите и ползите от прилагането на детекторите на горещи букси.

В Австрия квотата на алармите и предупрежденията е десет пъти по-високи за горещи и топли спирачки в сравнение с горещи и топли букси. Резултатите от Зимница идентифицират само един влак с четири събития (една гореща спирачка, 3 топли спирачки) в срок от пет месеца. Това показва, че вагонните инспектори проверяват за отказали спирачки много надеждно и внимателно.

В Австрия текущата стратегия на дистанционното управление на железопътната експлоатация от централизиран контролни центрове води до търсенето на мрежата с горещи детектори спирачки. Също така либерализацията на пазара на железопътния транспорт налага да имат обективни резултатите от измерванията, за да се документират отказите на спирачките.

Натоварване на вагони тип "Eaos" следва да бъде подобро, поради големия брой събития, предизвикани от този тип вагони. Ако вагоните са заредени по-балансирано, може да се увеличи времето на живот на буксите (и други компоненти на вагона). Това подобрене трябва да се контролира от системи за наблюдение на крайпътните устройства и да се изследва друга област на приложение на събраните данни по отношение на жизнения цикъл – готовността им.

Данните от измерванията от крайпътните системи за наблюдение на влака могат да се използват за увеличаване на оперативната безопасност или да се подобри готовността на вагоните. Двете ползи могат да се постигнат чрез управление на данните, които осигуряват надеждна информация за потенциалните потребители.

Благодарности

Изказваме благодарности на OBB Infrastruktur Betrieb AG и ДП „НКЖИ” за предоставените данни и информация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. M. Sünder, B. Knoll, T. Maly, A. Schöbel. "Checkpoint systems and their integration into solid state interlockings for automatic train supervision"; Presentation: ASPECT 2006, London; 15.03.2006 - 17.03.2006; in: "ASPECT 2006", IRSE - The Institution of Railway Signal Engineers, (2006), 6 S.
- [2]. *European Committee for Electrotechnical Standardization*. "Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)". 1999.
- [3]. J. Braband. "Risk Assessment in Railroad Signaling: Experience Gained and Lessons Learned"; Reliability and Maintainability Symposium 2002, IEEE; in: "Proceedings Reliability and Maintainability Symposium", (2002), ISBN: 0-7803-7348-0; S 147 – 152.
- [4]. T. Maly, M. Antova, A. Schöbel. "Functional Chain Analysis for Monitoring Train Fault States"; Presentation: Forms / Format 2008, Budapest; 09.10.2008 - 10.10.2008; in: "Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems", G. Tarnai, E. Schnieder (Hrg.); (2008), ISBN: 978-963-236-138-3; S. 197 - 203.
- [5]. J. Karner, T. Maly, A. Schöbel. "TK 99 - The Austrian Solution for Hot Box Detection"; Presentation: Zelkon 08, Nis; 09.10.2008 - 10.10.2008; in: "Proceedings", D. Stamenkovic (Hrg.); (2008), ISBN: 978-86-80587-78-3; S. 57 - 60.
- [6]. A. Schöbel, R. Stadlbauer, M. Pisek, T. Maly. "Wayside Dynamic Weighing and Flat Spot Detection at Austrian Railways"; Poster: INFOTRANS 2007, Pardubice; 25.09.2007 - 26.09.2007; in: "Sbornik prispievku", (2007), ISBN: 978-80-7194-989-3; S. 257 - 262.
- [7]. Schöbel, A. Antov, R. Koller, M. Pisek, "Demand Analysis for Wayside Train Monitoring Systems for NRIC", keynote. UACEG 2009: Science & Practice, Sofia; 29.10.2009 - 31.10.2009; in: "Proceedings", (2009), Paper-Nr. 5T1, 7 S.