

RESEARCH ON RAIL DEFECTS ON THE RAILWAY IN NORTHERN BULGARIA⁹

Borislav Valchev, PhD Student

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Tel.: +359 82 888 701

E-mail: prostosmyrten@gmail.com

Abstract: *This article presents the results of many years of research on railway defects in Northern Bulgaria. The methods of defect investigation are briefly discussed. The Non-Destructive Testing method was used. The obtained data were processed with the method of mathematical statistics.*

The data used in the study were obtained from sounding of the railway in the period from 2017 to 2022 in the region of Northern Bulgaria.

Defects classification is given and their analysis is done. Conclusions from the study were obtained for the final results.

Keywords: *Rail degradation, rail defect, effective maintenance procedure, risk, rail break, rail maintenance issues, data classification, maintenance investment.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Железопътната инфраструктура е голяма и скъпа инвестиция и има дълъг експлоатационен живот. За да се реализират ползите от тази инвестиция, е необходимо ефективно поддържане на релсовия път. Железниците са един от основните видове транспорт в много страни и тъй като са тясно свързани с превоза на пътници и товари, носят висок риск от гледна точка на потенциална загуба на човешки живот и повреда/унищожаване на активи. Постоянно се въвеждат нови технологии и строги стандарти за безопасност, но инциденти все още се случват. Винаги ще има известен риск, свързан с дерайлиране и сблъсък, но той може да бъде намален чрез елиминиране на първопричините чрез ефективна стратегия за поддържане, която да управлява оптимизирането на инспекцията, подобряването на уменията и ефективността на персонала за поддържането. Подробно проучване на дефектите, които се появяват както в подвижния състав, така и в железопътната инфраструктура, е от съществено значение за определяне на правилната стратегия за поддържането.

Откриването и отстраняването на железопътни дефекти/деградирането са основни проблеми за всички железопътни оператори по света. Основните повреди на релсите са: износени релси, проблеми със заваръчните шевове, вътрешни дефекти и разрушения, инициирани от умора при контакт на търкаляне (Rolling Contact Fatigue RCF), като повърхностни пукнатини, челни набити крайща, огъване, разцепване и лющение. Ако не бъдат открити навреме и се възстановят или отстранят, тези дефекти могат да доведат до разрушение на релсите и дерайлиране на влакове. Ефективните стратегии за поддържане могат да намалят потенциалния риск от разрушение на релси и дерайлиране. Потенциален риск е рискът, който се натрупва под формата на влошаване на железопътния транспорт за определен период от време.

Целта на изследването е да се разработи подход за прогнозиране на повреди на релси, което ще помогне за оптимизиране на дейностите по поддържането (инспекция, шлайфане, възстановяване/подмяна и/или заваряване). Като цяло има компромис между инвестициите в

⁹ Докладът е представен на научната сесия на секция „Ремонт и надеждност“ на 28 октомври 2022 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФЕКТИТЕ НА РЕЛСИТЕ ОТ ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА МРЕЖА В СЕВЕРНА БЪЛГАРИЯ

поддържане и риска, свързан с деградация на релсите, за да се разработи процедура за поддържане на железния път. Проучване и прогнозирането на повреда на железопътни участъци, подложени на влошаване, ще помогне да се оцени рискът от дерайлиране. По този начин прогнозирането на степента на повредата на релсите е изискване за разработването на ефективна процедура за поддържане на релси.

Изследвани са различни видове процеси на откази на релсите, водещи до различни дефекти на релсите. Извършените литературни проучвания показват необходимост от по-добро прогнозиране на повредата на релсата за определен период от време въз основа на факторите, влияещи върху деградацията на релсата.

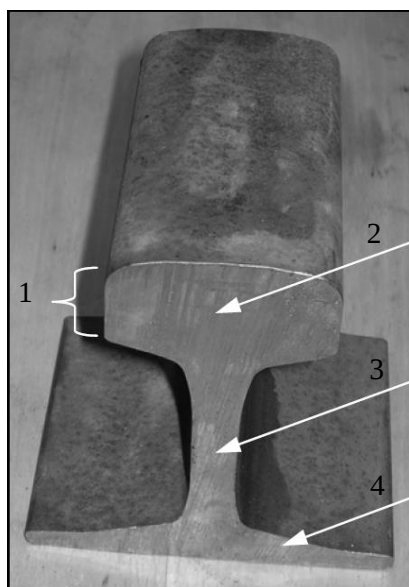
ИЗЛОЖЕНИЕ

Структура на релсите:

Релсите са един от най-важните компоненти на ЖП конструкция. Обикновено релсите с плоско дъно се използват в конвенционалната желе-зопътна линия, която може да бъде разделена на три части:

- Глава релсата;
- Шийка релса;
- Пета релса.

Фиг. 1 показва профила на релсите. Много стандарти се използват за релсови профили, които се класифицират в UIC, ASCE, AREA и BS, а други профили се използват в Нидерландия, Дания, Германия, Индия, Китай, Южна Африка и др. UIC 54 и UIC 60 се използват широко в Европа. Максималните статични натоварвания на ос в Европа варират от около 21 до 25 тона, но в САЩ те рутинно достигат почти 30 тона и много въглищни влакове, изтичащи от басейна на река Паудър, имат натоварвания на оси от около 32,4 тона. В Австралия са докладвани осови натоварвания от около 37 тона на превозни средства с желязна руда. Всички тези натоварвания на ос са номинални стойности, като се приема, че превозните средства са равномерно натоварени. Това не е задължително и динамичните ефекти могат значително да увеличат тези статични натоварвания. Обратно, ако динамичните ефекти могат да бъдат намалени и товарите се разпределят по-равномерно, могат да се носят по-големи статични товари. (Cannon et al., 2003). Влаковете за желязна руда, които се движат в Швеция, имат осово натоварване от 30 тона.



Фиг. 1. Профил на релса:
1-Страничен габарит на релсата;
2 - глава; 3 - шийка; 4 - пета.

Релсите са надлъжни стоманени елементи, които поемат натоварване-то на колелата и разпределят тези товари върху траверсите или опорите, насочвайки колелата на влака равномерно и непрекъснато (Esveld, 2001). Релсите трябва да притежават достатъчна твърдост, така че да могат да действат като греди и да прехвърлят концентрираните натоварвания на колелата към разположените на разстояние опори за траверси без преко-мерно отклонение между опорите (Ernest and John, 1994). Релсите са изработени от високо въглеродна стомана (до 0,82% въглерод), която осигурява висока якост на умора. Понастоящем се произвеждат стомани с по-високо качество, което е довело до значително подобряване на характе-ристиките на умора на релсите и значително намаляване на развитието на остатъчно напрежение (ИННА, 2001).

Неизправности в релсовите елементи на железния път според приетите норми

1. Определение на неизправностите

От латиница „Defectusa“ по подразбиране това е несвършенство (не цялостност) в някого или нещо. От речника на кралската Испанска ака-демия (RAE) определя термина като: „Липса на някакво качество или нещо“.

При железните релси неизправностите са следните:

- 1.1. Счупен релсов елемент;
- 1.2. Релсов елемент с пукнатина;
- 1.3. Релсов елемент с неизправности.

Начини за установяване:

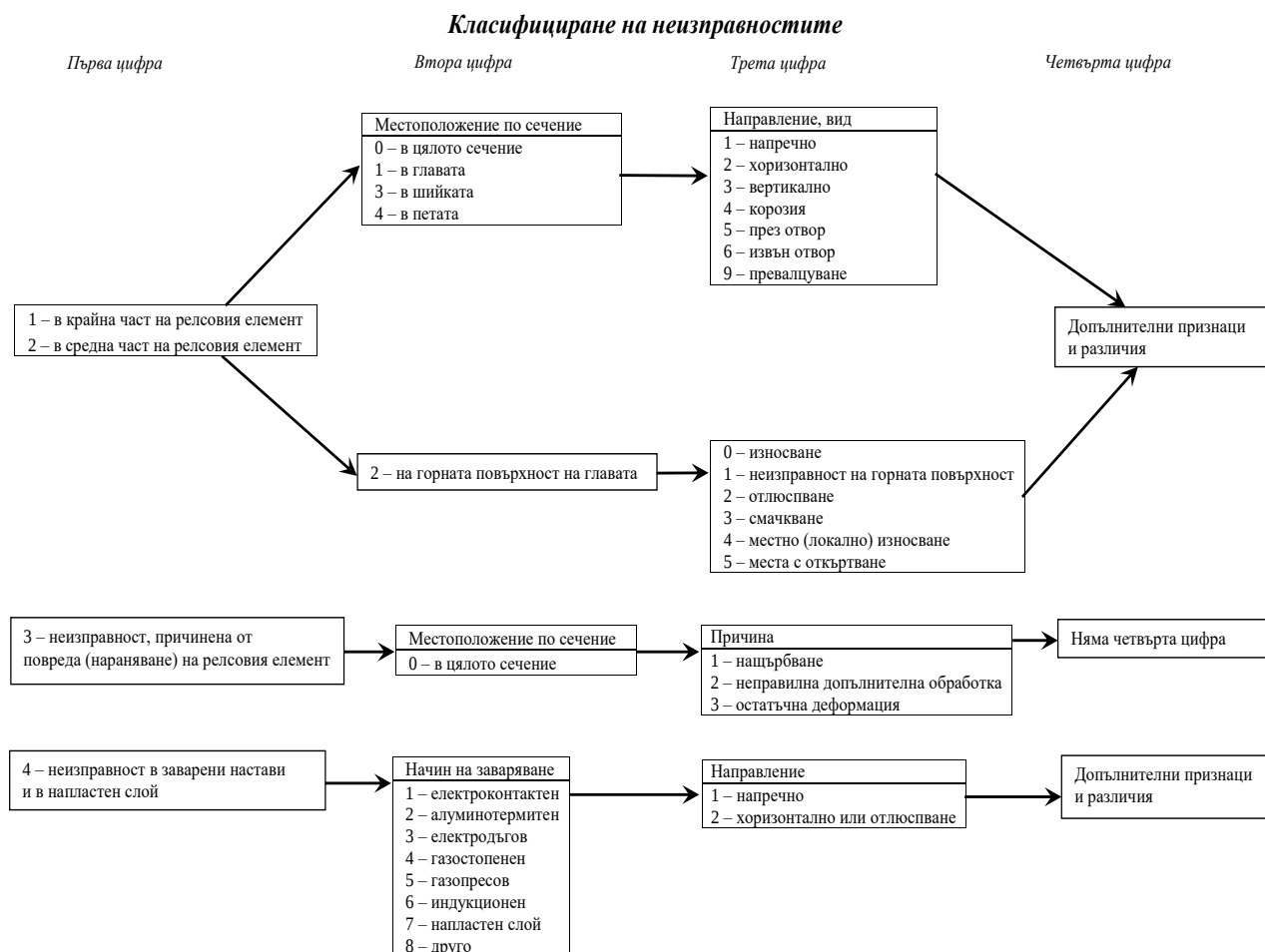
- визуален контрол;
- ултразвуков контрол.

Предписания за по-нататъшна експлоатация:

Дефект (Д) - наблюдаване развитието на неизправността, когато тя е с дълбочина до 3 mm и с дължина до 50 mm.

Остър дефект (ОД) - смяна или напластяване на елемента в срок от 1 месец при регистриране на неизправност с дълбочина по-голяма от 3 mm и с дължина по-голяма от 50 mm.

2. Местоположение на неизправностите по дължина на релсовия елемент
 - 2.1. Крайна част на елемента;
 - 2.2. Средна част (междинна) на елемента;
 - 2.3. Зона на заварените настави.
3. Местоположение на неизправностите по сечение на релсовия елемент (фиг. 1).
 - 3.1. В главата на елемента;
 - 3.2. В шийката на елемента;
 - 3.3. В петата на елемента;
 - 3.4. В прехода: глава – шийка;
 - 3.5. В прехода: шийка – пета.
4. Класификация на неизправностите:



Фиг. 2. Класификация на неизправностите (според приетите норми)

Таблица 1. Най-често срещани дефекти през: 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 и 2022 години в Северна България в следните междугария*:

Месеци	Вид на дефекта	Количество					
		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Януари	Глава	Проф.	Проф.	Етл.	Проф.	4	Проф.
	Шийка	Проф.	Проф.	Етл.	Проф.	3	Проф.
Февруари	Глава	Етл.	1		2	0	1
	Шийка	Етл.	2		0	0	0
Март	Глава	1	1	8	0	0	6
	Шийка	4	3	4	0	0	7
Април	Глава	ПГО	Етл.	15	8	5	7
	Шийка	ПГО	Етл.	2	8	4	1
Май	Глава	2	6	11	2	7	5
	Шийка	1	12	3	5	4	3
Юни	Глава	1	1	3	2	0	ПГО
	Шийка	2	1	1	2	0	ПГО
Юли	Глава	Проф.	2	5	6	0	Етл.
	Шийка	Проф.	7	3	4	4	Етл.
Август	Глава	2	ПГО	2	9	ПГО	3
	Шийка	5	ПГО	3	4	ПГО	3
Септември	Глава	0	3	0	0	2	7
	Шийка	1	4	0	1	0	0
Октомври	Глава	3	1	3	6	9	3
	Шийка	1	5	3	2	1	6
Ноември	Глава	2	Проф.	7	1	Проф.	4
	Шийка	7	Проф.	2	3	Проф.	7
Декември	Глава	ПГО	Проф.	0	2	1	Проф.
	Шийка	ПГО	Проф.	0	0	0	Проф.

Легенда: ПГИ-платен годишен отпуск; Проф. – профилактика; Етл. - еталониране

*Резултатите са получени от следните междугария:

- по 4та ЖП линия: Дунав мост – Русе Разпределителна, Русе Разпределителна – Русе централна, Русе централна – Долапи, Долапи – Иваново, Иваново - Две Могили, Две Могили – Борово, Борово – Му-руница, Муруница – Бяла, Бяла – Полски Тръмбеш, Полски Тръмбеш – Петко Каравелово, Петко Каравелово – Янтра, Янтра – Горна Оряховица;

- По 9та ЖП линия са следните междугария: Русе Разпределителна – Образцов Чифлик, Образцов Чифлик – Ястребово, Ястребово – Ветово, Ветово – Сеново, Сеново – Просторно, Просторно – Разград, Разград – Самуил;

- В ЖП възел Русе

В табл. 1 са дадени направените изследвания на дефектите на релсовия път в периода 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 и 2022 години.

Таблица 2. Наблюдавани дефекти в процеса на работа в глава и шийка

В глава релса	В шийка релса
	
2221.1 - при наставка: Неизправност, причинена от технологични грешки при производство. Проявява се	135.1 - пукнатина в зоната на връзките: Причини за поява на неизправността: <i>Неизправност от</i>

като видимо деформиране на горната контактна повърхност (2221.1).	<i>технологични грешки при производство и развиваща се по време на експлоатация.</i> Белези и външен вид: <i>Неизправност, започващата от отвора за болт в наставовите връзки (135.1)</i>
	
2221.2; - продължение на глава релса: Най-често след образуването на люспи, достигащи дебелина до няколко милиметра /2221.2/. Напречното сечение на люспите е променливо. Тази неизправност най-често се появява в няколко зони.	135.2 – счупване: Най-често се развива под ъгъл от 45° и причинява счупване на елемента
224	253.1
224 местно (локално) смачкване: МЕСТНО (ЛОКАЛНО) СМАЧКВАНЕ: Причини за поява на неизправността: <i>Неизправност, причинена от технологични грешки при производство. Място от елемента, с малка дължина на смачкване на главата, което предизвиква разширяване на работната контактна повърхност.</i>	253.1 - Неизправност в крайната част на релсовия елемент
2252.1	253.2
2252.1 места с многократни откъртвания: Места с единични откъртвания. Причини за поява на неизправността: <i>Неизправност, появяваща се по време на експлоатация.</i> Белези и външен вид: <i>Откъртването (пробуксуването) на работната контактна повърхност, причинено от двигателните колооси води до появяването на петна с формата на елипса. Тези петна могат да изчезнат или да се развият</i>	<i>Причини за поява на неизправността: Неизправност от технологични грешки при производство и развиваща се по време на експлоатация.</i> Белези и външен вид: <i>Неизправността се проявява под формата на фини надлъжни линии, които по време на експлоатация прерастват в пукнатини. Неизправността се появява в средната третина на долната повърхност на петата. Пукнатините водят до счупване на елемента особено при ниски температури</i>

В процес на експлоатация на железопътните релси те са подложени на износване и повреждане. Следователно възникват много бройни дефекти които трябва да бъдат следени защото от тяхното развитие зависи безо-пасността на движение на влаковете. Тези дефекти са групирани и са направени класификация по каталог (стандарт). Създадени са каталози в които са описани всички дефекти (27 – 29) (Георгиев М. и Т. Симеонова 2018.)

Поради икономическия натиск има световна тенденция за увеличаване на натоварването на осите, плътността на трафика и скоростта на влаковете, за да се намалят оперативните разходи и да се повиши ефективността на железниците. Натоварванията на осите по света като цяло са се увеличили от 22,5 на 32,5 тона през последните 10 години (Allen, 1999). Това е довело до повишен процент на образуване на дефекти на релсите. Дефектите възникват поради редица причини, които са използвани като основа за класификация на дефектите на релсите от много изследователи. Olofsson и Nilsson, (2002) класифицират дефектите на релсите, които възникват поради контактна умора при търкаляне (Rolling Contact Fatigue - RCF), на повърхностно инициирани и под повърхностни дефекти (Zerbst et al., 2005). Инициираните от повърхността дефекти се формират най-вече поради увеличаване на плътността на трафика и натоварването на осите (например: проверки на главата и шийките).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В следствие на тези видове остро дефектни релси Държавно предприятие (ДП) Национална компания „Железопътна инфраструктура“ губи ежегодно огромни средства за тяхната замяна.

Необходимо е научно обосновано изследване за решаването на този проблем. Проблема се състои в следното:

1. Откриване на дефектите и определянето на вида им;
2. Откриване на причината и честотата на тяхното появяване.

REFERENCE

Cannon, D. F., Edel, K.O., Grassie, S. L. and Sawley, K. (2003) Rail defects: an overview, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, Volume 26, October 2003, pp. 865-886.

Esveld, C. (2001) Modern railway track, Delft: MRT-Productions, 2001, 2nd edition, Germany.

Ernest, T. S. and John, M. W. (1994) Track Geometry and Substructure Management, Thomas Telford

ИННА (2001) Guidelines to best practices for heavy haul railway operations: wheel and rail interface issues, International Heavy Haul Association, May 2001, Virginia, USA.

Georgiev M., Simeonova T. 2018, Railway rails of bainite steels Publishing House University Sv. Kliment Ohridski, Sofia 2018 (*Оригинално заглавие*: Георгиев М., Т. Симеонова. 2018 Железопътни релси от бейнитни стомани).

Allen, R., (1999) Finding best practice at the wheel/rail interface, International Railway Journal, Volume 6, pp. 48-50

Olofsson, U. and Nilsson, R. (2002) Surface cracks and wear of rail: A full-scale test on a commuter train track, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 2002; Volume 216: 4, pp. 249-264.

Fracture mechanics in railway applications - An overview (Zerbst et al., 2005) Fracture mechanics in railway applications - An overview, January 2005, Engineering Fracture Mechanics 72(2):163-194,

https://www.researchgate.net/publication/222167308_Fracture_mechanics_in_railway_applications_-_An_overview