

STUDY OF THE INTENSITY OF FAILURES DEPENDING ON THE LOAD OF RAILWAY TRACKS IN PART OF THE RUSE RAILWAY REGION¹⁰

eng. Borislav Valchev, PhD Student

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

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: +359 82 888 701

E-mail: bvalchev@uni-ruse.bg

Often critical rail failures with causes of surface cracks resulting from fatigue in critical rail or wheel areas. The main factor that affects the intensity of rail failure is the volume of transported cargo in tons. The magnitude of the axial loads and the curvature of the line affect this process. Also, the construction of the railway ie. whether it is instructional or non-instructional.

The studies were done on 4th - railway lines from Km 0+000 to Km 120+000 and 9th - railway lines from Km 0+000 to Km 80+000. The work presented in this paper investigates the load intensity and its possible effect on the occurrence of defects on railway rails. Given are load-dependent on the rails depending on the load over time and defects occur. Analyzes and conclusions have been made.

Keywords: rail failures, rail defects, non destructive testing, loading intensity of rails, rails defects intensity

ВЪВЕДЕНИЕ

За рационално управление на коловозните съоръжения и избор на най-подходящите горни конструкции на коловоза е необходимо да се определи очакваният срок на експлоатация на горната конструкция на коловоза като цяло и на отделните му елементи. Анализът на фактическото състояние на железопътните съоръжения и планирането на ремонта на фактическото състояние на коловоза е неотложен проблем.

Най-опасните откази при експлоатация на трасето са счупени релси. За да се предотврати това, има система за контрол, която открива пукнатини в метала на ранен етап на развитие и гарантира отстраняването на потенциално опасни релси преди тяхното унищожаване.

За да се прогнозира експлоатационният живот на релсите, е необходимо да се оценят факторите, от които зависят, да се опише работата на релсите с помощта на математически модел, в който е необходимо да се вземе предвид влиянието на основните фактори на експлоатацията на железопътния коловоз и определят количествените промени в интензивността на натрупване на повреди на релсите в зони с постепенно въвеждане на високи аксиални натоварвания.

Съществуващите норми за определяне на периодичността на извършване на ремонтни работи на коловоза зависят от проверки тонаж, както и допълнителни критерии, включително единичен изход на релси, който отчита действителното състояние на коловоза. От своя страна условията на пистите зависят от габаритите, радиусите и дължините на кривите, общата им дължина, изкачванията и спусканията с различна дължина.

Интензивността на скоростта на отказа на релсите се установява на базата на масивни наблюдения на тяхната работа в различни експлоатационни условия.

Теоретични и експериментални изследвания върху интензивността на развитие на дефекти на релсите, влиянието на аксиалното натоварване върху тях, трасе на линията, обемите на натоварване на релсите са посветени на много научни изследователи (Patlasov, O., Y. Fedorenko, 2019; Baulin, I. S., V. N. Dyakov, O. N. Uskova et al., 1962).

¹⁰ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 27 октомври 2023 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ ИНТЕНЗИВНОСТТА НА ОТКАЗИТЕ ПРИ НАТОВАРВАНЕТО НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИТЕ РЕЛСИ В ЧАСТ ОТ ЖП РАЙОН РУСЕ

В (Rybkin V. V., M. I. Umanov, O. M. Bal, 2007) са дадени експериментални зависимости на интензитета на потока от отказите.

Като се има предвид, че увеличаването на капацитета на вагоните до 25 t/oc се счита за една от приоритетните области за развитие на железниците, препоръчително е да се отчете ефектът от такива вагони върху състоянието на релсовия път, а именно върху състоянието на железопътното стопанство в условията на тежки товарни влакове.

Като се има предвид, че увеличаването на товароносимостта на вагоните до 25 t/oc се счита за една от приоритетните насоки за развитие на железниците, е целесъобразно да се разгледа влиянието на такива вагони върху състоянието на коловоза.

Основната цел на това изследване е да се идентифицират количествените промени в интензивността на натрупване на потоци от повреди в зони с високи аксиални натоварвания.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Методика на изследването

В процеса на експлоатация релсите натрупват различни откази, повреди, деформации, от умора, което води до намаляване на тяхната надеждност, по-често възникват функционални откази и съответно необходимостта от намаляване на скоростта или спиране на движението на влаковете е неизбежно.

Основната причина за отказите на релсите са предимно износване от контактно-уморен произход. Появата на контактно-уморени откази е дълъг процес. Смята се, че значително влияние върху формирането му оказва натоварването на осите от подвижния състав.

Производствените дефекти на релсите възникват на етапа на топене, изтегляне и обработка на метала и след това се появяват при валцуване и термична обработка. Неефективността на контрола при всички етапи на производство и освобождаване на релсите води до доставка на релси с производствени дефекти (Track Inspector Rail Defect Reference Manual, July 2015; Rail Defects Handbook, 2006).

Основен критерий за цялостна подмяна на релсите за нови и стари е продължително износване на релсите над нормативната стойност или същия брой релси, както при избор на подходящ вид модернизация или основен ремонт на ЖП линиите. В този случай видът на съпътстващата работа, броят на елементите на закрепване и траверси, които трябва да бъдат заменени, се определя от дължината на линията според резултатите от инспекциите на комисията която проверява.

Пълната подмяна на релсите, подмяната в кривите, както и на релсите във външните релсови нишки на кривите, към правите са предвидени при условие, че релсите са износени гранично, определени от наредба на БДЖ.

Основните видове повреди, дефекти и откази на релсите са *пукнатини, отлющване, деформация, метална ерозия, деформация в резултат на пробуксуването на колелетата на локомотивите, корозия на метала*, механични повреди на релсите под формата на огъване, вътрешни дефекти от умора на релсовия метал. и т.н.

Предполага се, че интензивността на отказа на релсите зависи от големината на натоварването (продължителността на работа), интензивността на натоварването, динамичните натоварвания и тяхното състояние, конфигурацията на линиите и профила на релсите и други фактори.

Функцията на степента на отказ зависи от средното натоварване на оста, измерения товар, радиуса на кривата на линията (Patlasov O., Y. Fedorenko, 2019):

$$\lambda = f(P_{av}, T, R) \quad (1)$$

където P_{av} – средно осово натоварване [t/oc];

T – измерено натоварване 10^6 [t];

R – радиус на кривите на измерения участък [m].

Въпреки това, интензивността на товарните потоци на релсите зависи не само от големината на осовото натоварване, но и от следните други фактори:

- вида и горната конструкция на линията;

- качество на релсовата стомана;
- линеен план и профил на линията;
- товароносимостта;
- измерения товар;
- видове и брой ремонти дйности проведени в дадения участък;
- скоростта на движението;
- климатичните условия и др.

Анализирайки функцията на зависимостта на интензивността на потока от отказите на релсата, можем да прогнозираме, че с увеличаване на аксиалното натоварване, интензивността на потока от отказите на релсата се увеличава, както и междуремонтните срокове намаляват. Това се дължи на факта, че с увеличаването на аксиалното натоварване се намалява живота на релсите, който е най-скъпият елемент от горната конструкция на релсовият път, съкращавайки продължителността на транспортните услуги и увеличавайки разходите за труд и изразходваните материали.

За решаването на този въпрос е преведно изследване върху железопътната линия в Северна България в ЖП Район Русе, част от ЖП Секция Горна Оряховица: по **четвърта** ЖП Линия от Km 0+000 до 120+000 и **девета** ЖП Линия от Km 0+000 до 80+000.

Таблица 1. Интензивността на натоварване при **четвърта** линия за 2021 и 2022

Месец	2021				2022			
	Бр. влакове	Сумарно тегло [t]	Бр. оси	Средно t/оси	Бр. влакове	Сумарно тегло [t]	Бр. оси	Средно t/оси
01	107	147970	7876	18,788	127	171152	9928	17,239
02	80	125681	6242	20,135	128	161331	9190	17,555
03	163	196054	12072	16,240	136	170547	10180	16,753
04	188	208831	14765	14,144	135	160276	10326	15,522
05	161	151429	12738	11,888	134	177721	10428	17,043
06	187	223565	14474	15,446	140	190326	10860	17,525
07	176	226499	14268	15,875	181	235054	14581	16,121
08	180	230131	15154	15,186	235	282995	18092	15,642
09	194	238167	15836	15,040	159	201946	11962	16,882
10	200	260997	17465	14,944	175	217029	13838	15,684
11	187	224450	15594	14,393	193	236638	15544	15,224
12	171	213083	14468	14,729	165	206987	12210	16,952
Сумарно	1994	2446857	160952	186,806	1908	2412002	147139	198,14
Средно	166,17	203904,75	13412,67	15,567	159	201000,17	12261,58	16,512

Собственото тегло на вагона и теглото на товара са показани в Табл. 1 и 2. Влаковете се движат от границата Р. Румания при Km 0+000 до гара Горно Оряховица при Km 120+000 за четвърта линия, от гара Русе Разпределителна при Km 0+000 до гара Самуил при Km 80+000.

Средното месечно натоварване на осите са:

- за **четвърта линия**, за 2021 г. **15,567** [t/бр. оси] и за 2022 г. **16,512** [t/бр. оси] и
- за **девета линия**, за 2021 г. **11,764** [t/бр. оси] и за 2022 г. **14,346** [t/бр. оси]

За определянето на интензивността на натоварването и вероятността за възникване на отказите по двете линии в тези участъци е проведено изследване за определяне интензивността на отказите в зависимост от възникналите дефекти.

Резултатите са дадени в табл. 1 и 2. И съответно на фиг. 1 и 2 са дадени зависимостите на интензивността на натоварването за 2021 и 2022. Сумарното натоварване на четвърта линия за 2021г. е 2 446 857 t и за 2022 е 2 412 002 t. Натоварването на линията е намалило около 1,4 %.

Натоварването на девета линия сумарно за 2021г. е 3 742 691 t докато за 2022г. е 5 591 194 t, следователно превозвания товар на девета линия е увеличило около 33,06 %.

Таблица 2. Интензивността на натоварването при девета линия за 2021 и 2022

Месец	2021				2022			
	Бр. влакове	Сумарно тегло [t]	Бр. оси	Средно t/оси	Бр. влакове	Сумарно тегло [t]	Бр. оси	Средно t/оси
01	268	289001	39361	7,342	304	406874	28553	14,250
02	249	310121	23214	13,359	350	465244	32767	14,199
03	279	312377	25357	12,319	360	482315	34908	13,817
04	201	220185	18209	12,092	333	421733	30746	13,717
05	315	328330	28081	11,692	394	622948	38343	16,247
06	310	342817	28845	11,886	399	530579	38201	13,890
07	302	364034	30184	12,061	377	490143	34312	14,285
08	304	350801	28815	12,1741	348	455010	31827	14,296
09	281	314829	26144	12,0421	373	478537	35124	13,624
10	304	328969	28340	11,608	416	535536	38857	13,782
11	263	285603	23607	12,098	254	339617	22671	14,980
12	266	295624	23655	12,497	268	362658	24068	15,068
Сумарно	3342	3 742 691	323 812	141,170	4176	5 591 194	390 377	172,154
Средно	278,5	311 890,92	26 984,33	11,764	348	465932,83	32531,42	14,346

Аналогични са и резултатите за натоварването на линиите от локомотивите и броя на осите. При четвърта линия за 2021г. броя на влаковете е 1994 и броя на осите сумарно е 160952. Докато за 2022 те са съответно 1908 бр. локомотиви и 147139 бр. оси. Намаляване на влаковете е с 4,3 %, докато осите с 8,58 %.



Фиг. 1. Интензивност на натоварването на осите на четвърта линия през 2021 и 2022

При девета линия за 2021г. броя на влаковете сумарно е 3342 и броя на осите сумарно е 323 812. Докато за 2022 те са съответно 4176 бр. локомотиви и 390 377 бр. оси. Увеличаването на влаковете е с 19,97 %, докато осите с 17,1 %.

Действителното средно натоварване на осите за превоз на товари се пресмята с зависимостта (2):

$$P_{\text{ср. товар}} = \frac{T_{\text{лок.}}}{n_{\text{оси}}} \quad (2)$$

Където $T_{\text{ср.лок.}}$ е теглото на натоварения влак [t];

$n_{\text{оси}}$ – брой осите на влаковата композиция;

Резултатите са дадени в табл. 3.



Фиг. 2. Интензивност на натоварването на осите на девета линия през 2021 и 2022

Таблица 3 Резултат от изследване на интензивността на натоварването на част от четвърта и девета ЖП линии

Месец	Четвърта линия. Средно месечно натоварване на осите [t/оси]		Девта линия. Средно месечно натоварване на осите [t/оси]	
	2021	2022	2021	2022
1	18,78745556	17,23932313	7,342318539	14,24978111
2	20,13473246	17,55505985	13,35922288	14,19855342
3	16,24039099	16,75314342	12,31916236	13,81674688
4	14,14365052	15,52159597	12,09209731	13,71667859
5	11,88797299	17,04267357	11,69224743	16,24672039
6	15,44597209	17,52541436	11,88479806	13,88913903
7	15,87461452	16,12056786	12,06049563	14,28488575
8	15,18615547	15,64199646	12,17424952	14,29635215
9	15,03959333	16,88229393	12,04211291	13,62421706
10	14,94400229	15,68355254	11,60793931	13,78222714
11	14,39335642	15,22375193	12,09823357	14,98023907
12	14,72788222	16,95225225	12,49731558	15,06805717
	15,56714824	16,51180211	11,76418276	14,34613315

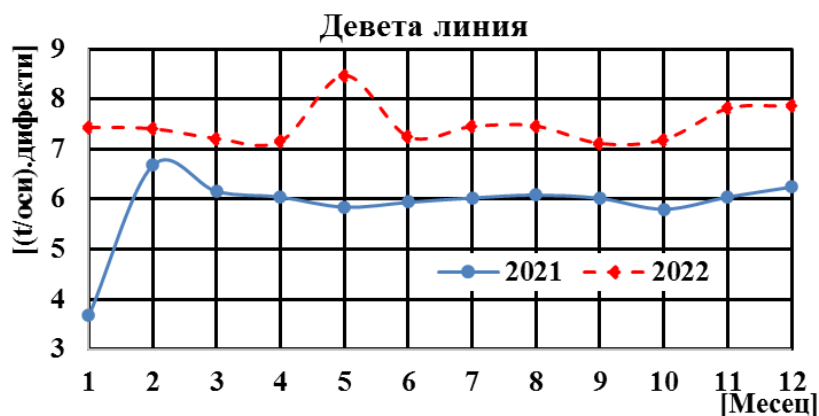
Средното натоварване на линиите в [t/оси] показват, че четвърта линия показва големи резултати за средното натоварване кето е за 2021 г. 24%, а за 2022 г. 13%. Без да вземем под внимание кривите участъци.

Интензивността на отказите на релсите в [(t/бр.оси)/дефекти] е изчислен и са дадени графично в зависимост от времето (средно месечно).



Фиг. 3. Интензивност на дефектите на **четвърта линия**

За четвърта линия средната интензивност месечно варира от 3 до 6 [t/бр.оси)дефект]. Докато за девета линия варира от 6 до 9 [t/бр.оси)дефект] с изключение на Януари месец.



Фиг. 4. Интензивност на дефектите на **девета линия**

От друга страна действителното средно сумарно натоварване на осите са дадени в Табл. 1, 2 и 3. От данните се вижда, че натоварването на девета линия е по-гплямо от колкото на четвърта линия. Следователно се очаква повече откази от колкото при четвърта линия. Необходимо е вземането под внимание дължината на линията на изследвания участък и кривите участъци.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Според резултатите от изследванията е установено, че основната причина за отказа на релсите са предимно дефекти в следствие на контактната умора и деформации. Основният фактор, който влияе върху интензивността на потока от отказите на релси, е големината на натоварването на линиите. Размерът на аксиалното осово натоварване и кривините на линиите оказват тежки последствия върху този процес.
2. Интензивността на натоварването на осите за изследваните участъци варират от 11,888 до 17,555 t/оси средно при четвърта линия и при девета линия от 11,608 до 16,247 t/оси средно.
3. Хипотезата за увеличаването на дефектите при увеличаването на натоварването се доказва при двете линии. Увеличаването на натоварването на линиите през 2022 води до увеличаването на интензивността на дефектите. Това се забелязва от графиката на фиг. 3 и 4.
4. Интензивността на дефектите на девета линия варира между 6 и 9 [t/бр.оси)дефект] докато на четвърта линия варира меду 3 и 6 [t/бр.оси)дефект].

5. Необходимо е задълбочено изследване и анализ за да се установи функционалната зависимост на дефектите от натоварването. Приемането средни стойности на дефектите за целия участък не дава достатъчно качествена информация.
6. Периодичността на прозвучаването на релсите трябва да съответства на интензивността на натоварването на линиите.

REFERENCES

- Alahakoon, S.; Sun, Y.Q.; Spiryagin, M.; Cole, C. Rail flaw detection technologies for safer, reliable transportation: A review. *J. Dyn. Syst. Meas. Control* 2018, 140, 020801.
- Baulin I. S., Dyakov V. N., Uskova O. N. et al. Investigation of the mechanism of contact-fatigue damage (defect 82 and 64) / *Vesnik VNIIZhT*. No. 4, 1962 .- p.34-39
- James, G., 2003. Analysis of Traffic Load Effects on Railway Bridges, Structural Engineering Division Royal Institute of Technology, SE-100 44 Stockholm, Sweden, TRITA-BKN. Bulletin 70, 2003, ISSN 1103-4270; ISRN KTH/BKN/B--70—SE, Doctoral Thesis
- Kou, L. A review of research on detection and evaluation of the rail surface defects. *Acta Polytech. Hung* 2022, 19, 167–186.
- Majeed Q., M. Y. Fattah, H. h. Joni, November 2019, Effect of Load Frequency on the Track Rail and Subgrade Layer Settlement, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, DOI: 10.36478/jeasci.2019.6723.6730.
- Papaelias, M.; Roberts, C.; Davis, C.L. A review on non-destructive evaluation of rails: State-of-the-art and future development. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part F J. Rail Rapid Transit* 2008, 222, 367–384.
- Patlasov O., Y. Fedorenko, 2019. The intensity of rail failure flow, *MATEC Web of Conferences* 294, 03020, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929403020>
- Patlasov O., Y. Fedorenko, The intensity of rail failure flow, *MATEC Web of Conferences* 294, 03020 (2019) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929403020>.
- Patlasov, O., Y. Fedorenko, The intensity of rail failure flow, *MATEC Web of Conferences* 294, 03020 (2019), <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929403020>
- Rail Defects Handbook, Some Rail Defects, their Characteristics, Causes and Control, Engineering Practices Manual, RC 2400, Civil Engineering, Australian Rail Track Corporation, March 2006
- Rybkin V. V., Umanov M. I., Bal O. M. Individual track output as an important factor for forecasting the period of repair of a track // *Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan*. - 2007. - Ed. 18. - P. 62-70. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2007_18_16
- Tian, G.; Gao, B.; Gao, Y.; Wang, P.; Wang, H.; Shi, Y. Review of railway defect non-destructive testing and monitoring. *Chin. J. Sci. Instrum.* 2016, 37, 1763–1780.
- Track Inspector Rail Defect Reference Manual, July 2015, Revision 2, Office of Railroad Safety, Federal Railroad Administration, US Department of Transport