Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 23, брой 3, 2025 г.
Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2734**

АНАЛИЗ НА АВАРИЙНИТЕ ОТКАЗИ ПО ХОДОВАТА ЧАСТ И СИЛОВОТО ПРЕДАВАНЕ ПРИ ТРАМВАЙНИТЕ МОТРИСИ В ГРАД СОФИЯ

Емил Михайлов Михайлов
emil.mihaylov@vtu.bg

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

Резюме: *Материалът се отнася за аварийните откази по ходовата част и силовото предаване на мотрисите и случаите на дерайлиране в трамвайната система на град София през 2023 и 2024 години. Настоящият анализ е част от по-голямо изследване на експлоатационните параметри на системата. Използваните данни за двете години, предмет на изследването, са взети от „Бюлетин за авариите“, воден в „Аварийната служба“ - звено за спешна техническа помощ и отстраняване на извънредни ситуации на „Столичен електротранспорт“ ЕАД - София. Към броя на аварийните откази по ходовата част и силовото предаване са добавени и броя на случаите на дерайлиране и влизане на трамвайна мотриса в два коловоза. Тези аварийни откази и извънредни ситуации представляват около 10 % от общия брой на аварийните откази в трамвайната система на София. Направен е анализ по метода на Парето на аварийните откази по ходовата част и силовото предаване на трамвайния подвижен състав по различни критерии. Отказите са групирани по следните признаци: дерайлиране и влизане на трамвайната мотриса в два коловоза; повреди по ходовата част; шум, вибрации от талигите, прегряване на възлите; повреди по колоосните редуктори; повреди по карданните валове; механични повреди по тяговите електродвигатели и проблеми от елементи на трамвайния релсов път. Установени са зависимости при отказите по изследваните критерии и влиянието им върху общата картина на отказите. Данните сочат, че случаите на дерайлиране на трамвайните мотриси, повредите по елементите по ходовата част и карданните валове имат най-голям дял в аварийните откази и извънредни ситуации.*

Ключови думи: *трамвайни мотриси, аварийни откази, ходова част, силово предаване.*

1. УВОД

Анализът представен тук е въз основа на данните от „Бюлетина за авариите“ на „Аварийна служба” за 2023 и 2024 година [1], звено за спешна техническа помощ на „Столичен електротранспорт” ЕАД. Предмет на анализ са случаите на откази по ходовата част и силовото предаване на трамвайните мотриси (ТМ) и случаите на дерайлиране и навлизане на мотриси в два коловоза. Обобщените данни за извънредните ситуации и авариите по трамвайния подвижен състав (ТрПС) в трамвайната система на град София на които са се отзовали дежурните аварийни екипи са показани и анализирани в [2]. Което е около 97 % от случаите на извънредни ситуации и аварийни откази по трамвайните мотриси.

Авариите по същество представляват извънредни ситуации поради своята непредвидимост и неясни последици. Това особено важи за повредите по ходовата част и силовото предаване на возилата. Повредата, непосредствена причина за аварията може да се окаже с непредвидими последствия за околните механизми и части на машината. Тези допълнителни повреди могат да бъдат видими при началния оглед на машината, но могат и да се видят или възникнат по време аварийно-възстановителните работи.

2. ОБЩА ИНФОРМАЦИЯ

За разглежданият период линиите на трамвайния транспорт в София са обслужвани от около 300 трамвайни мотриси. Броят на ТМ по междурелсие, типове и дял от общия им брой са нанесени в Таблица 1.

През цялата 2023 година поетапно са извеждани от експлоатация трамвайните мотриси типове Т6М 700 и Т8М 700 М. При всички останали типове няма промяна на броя им в този период.

В таблица 2. са показани данни за всички извънредни и аварийни ситуации, на които са се отзовали дежурните аварийни екипи за този период по типове ТМ. Общият им брой за двете години е 1523.

Аварийните откази по ходовата част и силовото предаване на ТрПС, както и случаите на дерайлиране и навлизане на ТМ в два коловоза за периода по типове ТМ са показани в Таблица 3. Техният брой е 160 или около 10 % от всички аварийни откази и случаи на дерайлиране на трамвайни мотриси.

Таблица 1.

	междурелсие	1009 *mm*								1435 *mm*			
Година	Типове ТМ	T6M 700	T8M 700 M	T8M 503	T8M 700 IT	T6A2-BG	T6A2-Sf	PESA 122NaSF	Be4/6S	T6A5	T6B5	Duewag T8-401	Общо
2023	Брой ТМ	18	6	9	18	40	17	67	28	55	37	6	301
	Дял от всички	6,0	2,0	3,0	6,0	13,3	5,6	22,3	9,3	18,3	12,3	2,0	
2024	Брой ТМ	2	5	9	18	40	17	67	28	55	37	6	284
	Дял от всички	0,7	1,8	3,2	6,3	14,1	6,0	23,6	9,9	19,4	13,0	2,1	

В сравнение с периода 2009 - 2015 г. [3], когато аварийните откази са били около 12 %, те намаляват, което се дължи на масовото извеждане от експлоатация на трамвайните мотриси типове Т6М 700 и Т8М 700 М оборудвани с талиги тип Т 81 и $Т_{ср}$ 81, чиито аварийни откази предимно по силовото предаване са водещи за този период.

Таблица 2.

	междурелсие	1009 *mm*								1435 *mm*			
Година	Типове ТМ	T6M 700	T8M 700 M	T8M 503	T8M 700 IT	T6A2-BG	T6A2-Sf	PESA 122NaSF	Be4/6S	T6A5	T6B5	Duewag T8-401	Общо
2023	Брой аварии	12	15	28	53	145	66	170	94	57	61	5	706
	Дял от всички	1,7	2,1	4,0	7,5	20,5	9,3	24,1	13,3	8,1	8,6	0,7	
2024	Брой аварии	1	22	45	55	198	91	166	97	73	64	5	817
	Дял от всички	0,1	2,7	5,5	6,7	24,2	11,1	20,3	11,9	8,9	7,8	0,6	

Разположението на дежурния аварийния екип на „Аварийна служба“ е в бившето трамвайно депо „Клокотница“. Мястото е приблизително в средата на трамвайната система и осигурява възможност за бързо придвижване на аварийните екипи до всяка точка на системата [4, 5, 6].

Таблица 3.

	междурелсие	1009 *mm*								1435 *mm*			
Година	Типове ТМ	T6M 700	T8M 700 M	T8M 503	T8M 700 IT	T6A2-BG	T6A2-Sf	PESA 122NaSF	Be4/6S	T6A5	T6B5	Duewag T8-401	Общо
2023	Брой откази	8	8	13	3	11	0	11	14	5	4	0	77
	Дял от всички	10,4	10,4	16,9	3,9	14,3	0	14,3	18,2	6,49	5,19	0	
2024	Брой откази	1	5	16	7	17	3	16	11	5	2	0	83
	Дял от всички	1,2	6,02	19,3	8,43	20,5	3,61	19,3	13,3	6,02	2,41	0	

3. ВИДОВЕ ОТКАЗИ ПО ХОДОВАТА ЧАСТ И СИЛОВОТО ПРЕДАВАНЕ

Следва да се уточни, че настоящия анализ борави с данни от мястото на аварията. При около 60 % от случаите може да се определи еднозначно причината веднага при първоначалния оглед. При останалите около 40 % причината се изяснява по време на аварийно-възстановителните работи или едва в при огледа и/или ремонтните дейности в депото. Това дава определена условност на данните.

Аварийните откази по ходовата част и силовото предаване на ТрПС, както и случаите на дерайлиране и попадане на ТМ в два коловоза са групирани по сходни признаци и са показани в Таблица 4.

Случаите на дерайлиране и/или навлизане на ТМ в два коловоза в около 85 % са при преминаване през съоръжение на пътя - стрелки, кръстовки и др., в повечето случаи се дължат на човешка грешка [7]. И съответно останалите около 15 % от случаите се дължат на неизправност по ходовата част на мотрисите или повреди на релсовия път. Към тази позиция са включени случаите на дерайлиране в резултат на повреди по ходовата част и силовото предаване, тъй като дерайлирането се приема за по-тежка авария.

Таблица 4.

№	Аварийни откази:	2023 година		2024 година		2023 + 2024 година	
		Брой откази	Дял от всички	Брой откази	Дял от всички	Брой откази	Дял от всички
1	Дерайлиране, ТМ в два коловоза:	23	29,9	20	24,1	43	26,9
2	Повреди по ходовата част:	22	28,6	26	31,3	48	30,0
3	Шум, вибрации от талигите, прегряване:	7	9,1	6	7,2	13	8,1
4	Повреди по колоосните редуктори:	10	13,0	4	4,8	14	8,8
5	Повреди по карданните валове:	11	14,3	14	16,9	25	15,6
6	Механични повреди по ТЕД:	3	3,9	10	12,0	13	8,1
7	От релсовия път и настилката:	1	1,3	3	3,6	4	2,5

Повредите по ходовата част включват случаите на скъсани колооси, блокирали буксови лагери, блокирали опорни лагери, скъсани и паднали елементи от спирачните механизми, блокове на електромагнитно-релсовата спирачка и елементи на помощните системи - сензори, лубрикатори, водачи на опесъчаващата система и други.

В отделна позиция са обединени случаите на шумност, вибрации (понякога силни) и/или загряване на елементи от ходовата част. Причина за това отделяне е, че по тези външни прояви не може веднага да се определи повредата. Тези външни признаци на повреди могат да се дължат на разнообразни причини по ходовата част и силовото предаване на мотрисите.

Колоосните редуктори, макар и част от силовото предаване, са възли, които имат характерни откази и повреди. Това е причината те да са отделени в самостоятелна позиция в изследването. Към повредите им се отнасят: блокирали лагери на валовете, повреди по зъбните двойки, скъсани опорни елементи - щанги, торзионни елементи, подвески. Блокиране на редуктор води до блокиране на колооста или (по-рядко) на тяговия електродвигател (ТЕД). Това се определя по прехождащото загряване и омасляване на повредения редуктор.

Карданните валове, като част от силовото предаване пренасят двигателния и спирачния момент, са подложени на големи разнознакови натоварвания. В сравнение с минали периоди броя им намалява, но дела в общия брой се запазва. Повредите при тях са: разглобяване на карданните съединение, късане на заваръчните шевове и разрушаване при отслабените сечения.

Малка група откази са механичните повреди по тяговите електродвигатели. Това са: късане на вала на ротора, разрушаване на подвески и други носещи елементи, паднали капаци, повреди от удари по корпуса.

Има малко на брой случаи, при които елементи от релсовия път и/или пътната настилка около коловоза навлизат в габарита. Това предизвиква заклинване, повдигане и/или дерайлиране на талигата.

4. АНАЛИЗ НА АВАРИЙНИТЕ И ИЗВЪНРЕДНИ СИТУАЦИИ.

Определяне на влиянието на описаните по-горе групи откази върху общата картина на проблема е направено по метода на Парето [8].

В Таблица 5. са показани отказите за 2023 година и въздействието им. Парето-диаграмата за отказите през 2023 година е показана на фигура 1.

Водещо влияние върху общия брой аварийни откази през 2023 година имат „*Дерайлиране, ТМ в два коловоза*“, „*Повреди по ходовата част*“, „*Повреди по карданните валове*“ и „*Повреди по колоосните редуктори*“. Като първите две категории имат двукратно по-голямо влияние от следващите ги по брой аварийни откази.

Таблица 5.

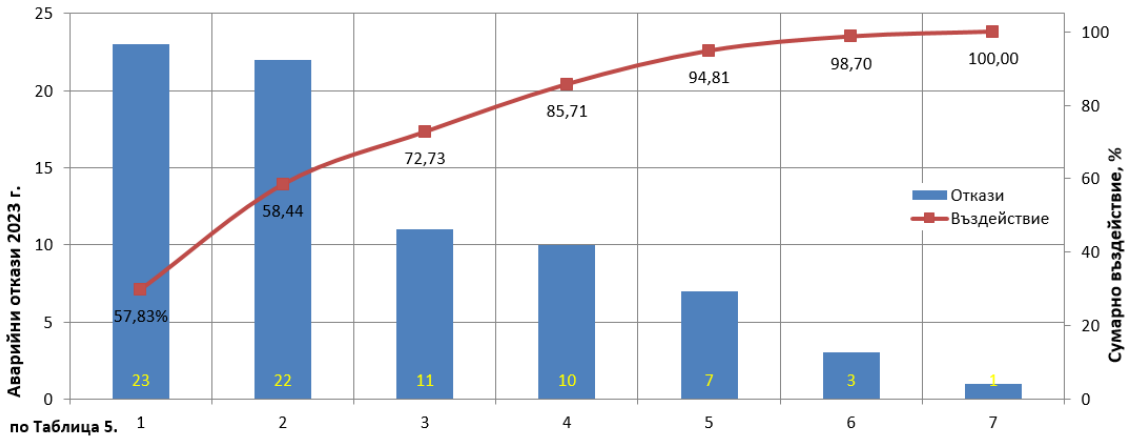
	№	Аварийни откази:	Брой:	Въздействие
2023 година	1	**Дерайлиране, ТМ в два коловоза:**	**23**	**29,9**
	2	**Повреди по ходовата част:**	**22**	**28,6**
	3	**Повреди по карданните валове:**	**11**	**14,3**
	4	**Повреди по колоосните редуктори:**	**10**	**13,0**
	5	Шум, вибрации от талигите, прегряване:	7	9,1
	6	Механични повреди по ТЕД:	3	3,9
	7	От релсовия път и настилката:	1	1,3

В Таблица 6. са показани отказите за 2024 година и въздействието им. Парето-диаграмата за отказите през 2024 година е показана на фигура 2.

Таблица 6.

	№	Аварийни откази:	Брой:	Въздействие
2024 година	1	**Повреди по ходовата част:**	**26**	**31,3**
	2	**Дерайлиране, ТМ в два коловоза:**	**20**	**24,1**
	3	**Повреди по карданните валове:**	**14**	**16,9**
	4	**Механични повреди по ТЕД:**	**10**	**12,0**
	5	Шум, вибрации от талигите, прегряване:	6	7,2
	6	Повреди по колоосните редуктори:	4	4,8
	7	От релсовия път и настилката:	3	3,6

Водещо влияние върху общия брой аварийни откази през 2024 година имат „*Повреди по ходовата част*“, „*Дерайлиране, ТМ в два коловоза*“, „*Повреди по карданните валове*“ и „*Механични повреди по ТЕД*“.



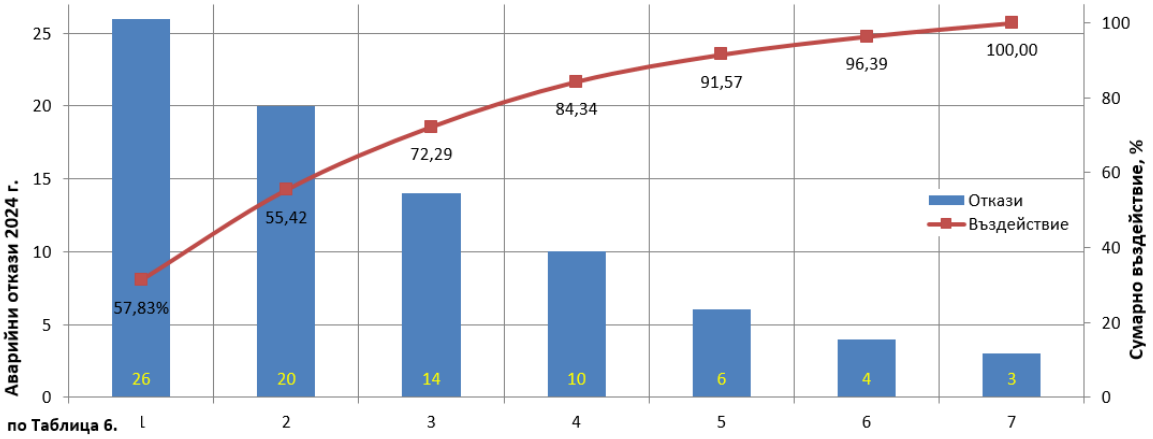
Фиг. 1. Парето-диаграма на отказите през 2023 година.

Минималните разлики в дяловете на отказите по групи за двете изследвани години дава основание за обединяването им в един общ период. Тогава обобщените данни придобиват вида показан в Таблица 7.

Таблица 7.

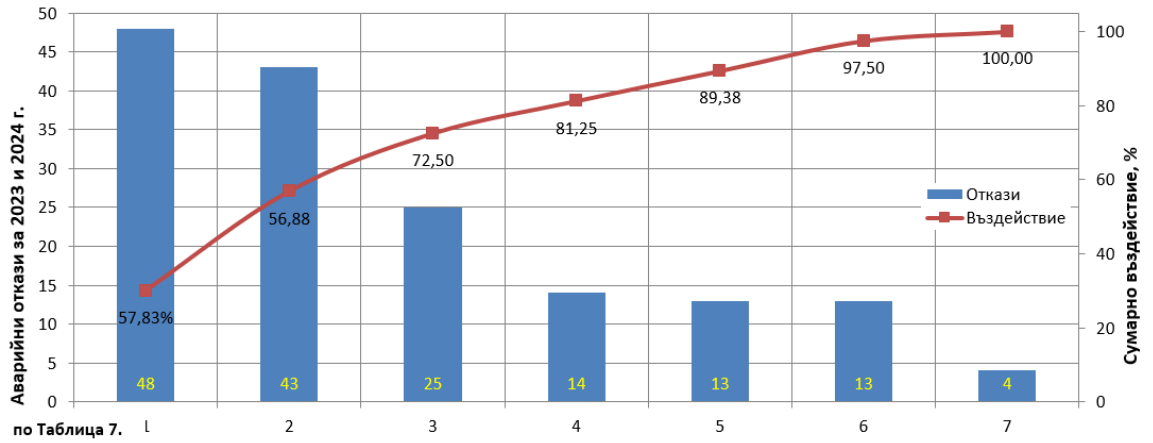
2023 и 2024 години	№	Аварийни откази:	Брой:	Въздействие
	1	**Повреди по ходовата част:**	**48**	**30,0**
	2	**Дерайлиране, ТМ в два коловоза:**	**43**	**26,9**
	3	**Повреди по карданните валове:**	**25**	**15,6**
	4	Повреди по колоосните редуктори:	14	8,8
	5	Шум, вибрации от талигите, прегряване:	13	8,1
	6	Механични повреди по ТЕД:	13	8,1
	7	От релсовия път и настилката:	4	2,5

Резултатите от анализа за двете изследвани години по отделно показва сходни резултати с минимални разлики, които не влияят на общата картина. Разместване на позициите има само при категориите „*Повреди по ходовата част*“ и „*Дерайлиране, ТМ в два коловоза*“.



Фиг. 2. Парето-диаграма на отказите през 2024 година.

Парето-диаграма за отказите общо през двете изследвани години е показана на фигура 3.



Фиг. 3. Парето-диаграма на отказите през 2023 и 2024 години.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направените анализи показват, че тенденциите при аварийните откази се запазват през годините. Резултатите са сходни с аналогични изследвания за минали периоди [3, 7]. Минималните разлики през различните години не влияят на общата картина. Този анализ може да се използва при определяне на приоритетите за профилактика на възлите и агрегатите при техническото обслужване на трамвайния подвижен състав.

ЛИТЕРАТУРА:
[1] Аварийна служба, „*Бюлетин за авариите*", „Столичен електротранспорт" ЕАД – София.
[2] Mihaylov E. M., Stoyanova P., „*Анализ на аварийните откази при трамвайните мотриси в град София*", XXXI НТК „Транспорт, екология – устойчиво развитие", ТУ - Варна, Варна, 2025 г.
[3] Mihaylov E. M., Atmadzhova D., „*Analysis of the reasons for emergency failures in the bogies and transmission of the trams in Sofia*", XVII Scientific - Expert Conference RAILCON'16, Ниш, Сърбия, 2016 г. ISBN 978-86-6055-086-8, с. 169 – 172.
[4] Stoyanova P., Karagyozov K., „*Minimum cost flow network model for evaluation of assignment of urban regions to emergency centers service*", XIII International scientific conference "Management and engineering '17, Sozopol, 25-Sozopol ISSN 1310-3946, ISSN 1314-6327, ТУ - София, 2017 г.
[5] Stoyanova P., „*Application of a coverage model for assignment the location of logistics facilities*", „Механика Транспорт Комуникации", ВТУ „Т. Каблешков", София, 2024 г., МТС АЈ, ISSN 1312- 3823, ISSN 2367-6620, том 22, брой 3/1, 2024 г., № 2545.
[6] Стоянова П., „*Проучване и анализ на моделите за избор на местоположение*", „Механика Транспорт Комуникации", ВТУ „Т. Каблешков", София, 2017 г., МТС АЈ, ISSN 1312- 3823, ISSN 2367-6620, том 15, брой 3, 2017 г., № 1445.
[7] Михайлов Е. М., "*Изследване експлоатационните параметри на ходовата част на трамвайни мотриси*", Дисертация, ВТУ „Т. Каблешков", София, 2021 г.
[8] Фотев Г., „*Социологическите теории на Е. Дюркем, В. Парето, М. Вебер*", София, Наука и изкуство, 1979 г.

ANALYSIS OF EMERGENCY FAILURES IN THE UNDERCARRIAGE ANDPOWER TRANSMISSION OF TRAM MOTOR CARS IN THE CITY OF SOFIA

Emil Mihaylov Mihaylov
emil.mihaylov@vtu.bg

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

Abstract: *The material concerns emergency failures in the undercarriage and power transmission of the tractors and cases of derailment in the tram system of the city of Sofia in 2023 and 2024. This analysis is part of a larger study of the operational parameters of the system. The data used for the two years, subject to the study, were taken from the "Bulletin of Accidents", kept in the "Emergency Service" - a unit for emergency technical assistance and elimination of emergency situations of "Stolichne Elektrotransport" EAD - Sofia. In addition to the number of emergency failures in the running gear and power transmission, the number of cases of derailment and entry of a tram car into two tracks were added. These emergency failures and emergencies represent about 10% of the total number of emergency failures in the tram system of Sofia. An analysis was made using the Pareto method of emergency failures in the running gear and power transmission of the tram rolling stock according to various criteria. The failures are grouped according to the following features: derailment and entry of the tram car into two tracks; damage to the running gear; noise, vibrations from the bogies, overheating of the nodes; damage to the wheel reducers; damage to the cardan shafts; mechanical damage to traction motors and problems with tram track elements. Dependencies in failures according to the studied criteria and their influence on the overall picture of failures have been established. The data show that cases of tram railcar derailments, damage to running gear elements and cardan shafts have the largest share in emergency failures and emergency situations.*

Key words: *tram railcars, emergency failures, running gear, power transmission.*