

# БЕЗОТКАЗНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ И НЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

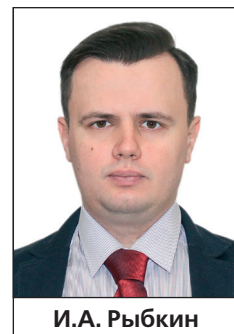
Проанализированы повреждения коллекторных тяговых двигателей электровозов переменного тока Восточного полигона РЖД с разными системами вентиляции ТЭД. Установлено, что параллельная вентиляция двигателей обеспечивает более высокую безотказность изоляции обмоток и коммутации ТЭД, чем непараллельная.

*Ключевые слова:* Восточный полигон РЖД, электровозы, параллельная и непараллельная вентиляции ТЭД, изоляция, коммутация ТЭД

EDN: NADJPO



Д.И. Бодриков



И.А. Рыбкин

В соответствии с планами развития восточных регионов России РЖД необходимо существенно повысить в ближайшие годы объем грузопотока на Восточном полигоне. Это возможно осуществить при интенсивном использовании электровозов переменного тока Восточного полигона РЖД ВЛ80 с тяговыми электродвигателями (ТЭД) НБ-418 К6, электровозов ВЛ85, ВЛ65 с ТЭД-514, электровозов 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К с двигателями НБ-514Б, НБ-514Е, НБ-514Д, аналогичными по конструкции с ТЭД НБ-514 электровоза ВЛ85.

Проведен анализ повреждений коллекторных тяговых двигателей (ТЭД) НБ-412, НБ-418К6, НБ-514, электровозов переменного тока ВЛ60, ВЛ80, ВЛ85, ВЛ65 депо Иркутск-Сортировочный Восточного полигона РЖД с разными системами вентиляции ТЭД.

Данные о повреждениях в течение одного года эксплуатации двигателей НБ-412 электровозов ВЛ60 с параллельной вентиляцией ТЭД приведены в табл. 1.

Аналогичные данные о повреждениях двигателей НБ-418К6 электровозов ВЛ80 и ТЭД НБ-514 электровозов ВЛ85 и ВЛ65 с непараллельной системой вентиляции ТЭД приведены в табл. 2 и 3.

**Бодриков Денис Игоревич**, ассистент кафедры «Электропоезда и локомотивы» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)), заместитель начальника по тяговому подвижному составу ПКБ ЦТ – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: имитационное моделирование, оптимизация работы станции стыкования, организация системы эксплуатации и ремонта, повышение безотказности локомотивов. Автор 29 научных работ.

**Рыбкин Иван Александрович**, машинист эксплуатационного локомотивного депо Ожерелье-Сортировочное (ТЧЭ-33) Московской дирекции тяги, студент кафедры «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение надежности локомотивов и электропоездов. Автор четырех научных работ.

**Тихонова Алена Андреевна**, инженер 1-й категории отдела электрических машин ПКБ ЦТ – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: повышение безотказности локомотивов. Автор одной научной работы.

**Космодамианский Андрей Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: автоматизация агрегатов и систем тягового подвижного состава, электрические передачи локомотивов. Автор 440 научных работ, в том числе 27 монографий, одного учебника и 25 учебных пособий. Имеет 128 патентов РФ.

**Смирнов Валентин Петрович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение безотказности локомотивов. Автор 168 научных работ. Имеет три патента на изобретения.

Таблица 1

## Анализ повреждений тягового двигателя НБ-412

Характер повреждений	Всего повреждений	На 1 млн км	Из них обнаружено на неплановом виде ремонта	Пробег до повреждения в тыс. километров					
				От начала эксплуатации не проходил заводской ремонт	От капитального ремонта				
					До 150	150—300	300—450	450—600	Свыше 600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря	1	0,3						1	
2. Пробой изоляции и межвитковые замыкания обмоток:	9	2,72					2	4	3
2.1 Главных полюсов	8	2,42	0	0	0	0	2	3	3
2.2 Добавочных полюсов	1	0,3						1	
2.3 Компенсационной обмотки	0								
3. Низкая изоляция якорных и полюсных обмоток	2	0,6				2			
4. Повреждение соединений между главными полюсами	1	0,3						1	
5. То же между компенсационными обмотками	0								
6. То же между добавочными полюсами	0								
7. Повреждение выводов главных полюсов	0								
8. То же добавочных полюсов	0								
9. Повреждение перемычек между щеткодержателями	1	0,3							1
10. Повреждение выводных кабелей	2	0,6				2			
11. Выплавление петушков	0								

Табл. 1. Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12. Повреждение кронштейнов траверсы	0								
13. Задир коллектора	1	0,3						1	
14. Разрушение бандажа	0								
15. Повреждение якорных подшипников	4	1,21					1	1	2
16. Повреждение подшипниковых щитов	0								
17. Всего повреждений	21	6,34	0	0	0	4	3	8	6
18. Повреждения моторно-осевых подшипников	0								
19. Перебросы, оплавления, подгары	0								
20. Количество двигателей, отремонтированных в депо	14								
21. Пробег электровозов ВЛ60	3 307 098 км								

Таблица 2

Анализ повреждений тягового двигателя НБ-418

Характер повреждений	Всего повреждений	На 1 млн км	Из них обнаружено на новом виде ремонта	Пробег до повреждения в тыс. километров					
				От начала эксплуатации не проходил заводской ремонт	До 150	150—300	300—450	450—600	Свыше 600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря	30	1,42	12		2	10	11	6	1
2. Пробой изоляции и межвитковые замыкания обмоток:	33	1,56	7	0	0	5	13	8	7
2.1 Главных полюсов	18	0,85	2			5	5	5	3

Табл. 2. Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.2. Добавочных полюсов	7	0,33	2				4	1	2
2.3. Компенсационной обмотки	8	0,38	3				4	2	2
3. Низкая изоляция якорных и полюсных обмоток	25	1,18	4		1	8	5	10	1
4. Повреждение соединений между главными полюсами	5	0,24	3			1	2	1	1
5. То же между компенсационными обмотками	1	0,05	1			1			
6. То же между добавочными полюсами	2	0,09					2		
7. Повреждение выводов главных полюсов	4	0,19				3	1		
8. То же добавочных полюсов	3	0,14	1		1	1		1	
9. Повреждение перемычек между щеткодержателями	6	0,28			2	3	1		
10. Повреждение выводных кабелей	7	0,33	3		1		2	3	1
11. Выплавление пегушков	7	0,33	1			6	1		
12. Повреждение кронштейнов траверсы	2	0,09						2	
13. Задир коллектора	9	0,43	2		2	1	3	2	1
14. Разрушение бандажа	8	0,38				3	3	2	
15. Повреждение якорных подпильников	41	1,94			9	12	9	4	7
16. Повреждение подпильников щитов	11	0,52			1	2	4	4	
<b>17. Всего повреждений</b>	<b>194</b>	<b>9,16</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>43</b>	<b>19</b>
18. Повреждения моторно-осевых подпильников	6	0,28	2		1	3	1	1	
19. Перебросы, оплавления, подгары	21	0,99	6		1	4	8	6	2
20. Количество двигателей, отремонтированных в депо	223								
21. Пробег электровозов ВЛ80	21 169 544 км								

Таблица 3

Анализ повреждений тягового двигателя НБ-514

Характер повреждений	Всего повреждений	На 1 млн км	Из них обнаружено на непла-новом виде ремонта	Пробег до повреждения в тыс. километров					
				От начала эксплуатации не проходил заводской ремонт	До 150	150—300	300—450	450—600	Свыше 600
1. Пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря	42	1,08	12	2	5	7	11	3	14
2. Пробой изоляции и межвитковые замыкания обмоток:	114	2,93	39	10	12	15	23	21	33
2.1 Главных полюсов	69	1,77	24	6	7	11	14	12	19
2.2 Добавочных полюсов	34	0,87	13	3	5	2	7	6	11
2.3 Компенсационной обмотки	11	0,28	2	1		2	2	3	3
3. Низкая изоляция якорных и полюсных обмоток	8	0,21	2		1	3	2	1	1
4. Повреждение соединений между главными полюсами	11	0,28	8		1	2	4	4	
5. То же между компенсационными обмотками	3	0,08	1		1	2			
6. То же между добавочными полюсами.	4	0,1					2	1	1
7. Повреждение выводов главных полюсов	7	0,18	2			4	1	1	1
8. То же добавочных полюсов	2	0,05			1	1			
9. Повреждение перемычек между щеткодержателями	11	0,28	1		2	6	1	2	
10. Повреждение выводных кабелей	1	0,03	1		1				
11. Выплавление петушков	5	0,13	1		1	1	2	1	

Табл. 3. Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12. Повреждение кронштейнов траверсы	3	0,08				3			
13. Задир коллектора	8	0,21	3			5	2	1	
14. Разрушение бандажа	5	0,13					3	1	1
15. Повреждение якорных подшипников	108	2,77	9	4	23	31	19	5	26
16. Повреждение подшипниковых щитов	38	0,98	3	1		5	11	13	8
<b>17. Всего повреждений</b>	<b>370</b>	<b>9,5</b>	<b>82</b>	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>85</b>	<b>81</b>	<b>54</b>	<b>85</b>
18. Повреждения моторно-осевых подшипников	24	0,62	6		7	7	7	3	
19. Перебросы, оплавления, подгары	115	2,95	19	1	36	51	26		1
20. Количество двигателей, отремонтированных в депо	422								
21. Пробег электровозов ВЛ85, ВЛ65	38 938 893 км								

Установлено, что параллельная система вентиляции ТЭД НБ-412 обеспечивает более высокую безотказность как изоляции обмоток, так и коммутации ТЭД, чем непараллельная система вентиляции двигателей НБ-418К6 электровозов ВЛ80 и двигателей НБ-514 электровозов ВЛ85.

В двигателях с параллельной вентиляцией охлаждающий воздух при входе в коллекторную камеру разделяется на три потока [1].

Первый поток воздуха направляется под коллектор через вентиляционные каналы сердечника якоря и выходит в отверстия подшипникового щита.

Второй поток обдувает поверхность якоря, проходит в воздушном зазоре и выходит через отверстия в подшипниковом щите и остова.

Третий поток воздуха проходит между катушками и выходит через отверстия в остова.

В двигателе НБ-418К6 с непараллельной вентиляцией охлаждающий воздух подается в ТЭД через патрубок со стороны коллектора и выходит через патрубок, расположенный со стороны противоположной коллектору [2].

В ТЭД НБ-514 вентилирующий воздух входит в двигатель со стороны коллектора через вентиляционный люк и выходит из ТЭД со стороны, противоположной коллектору, вверх под кузов электровоза через специальный кожух [3].

В [4] показано, что при работе двух вентиляторов (источников охлаждающего воздуха) параллельно на общий приемник необходимы равные производительности источников. Из-за значительной разности производительности источников, что наблюдается при непараллельной вентиляции ТЭД НБ-418К6 и НБ-514, в верхнем источнике поток воздуха (ВПВ) проходит при меньшем аэродинамическом сопротивлении, чем поток воздуха нижнего источника (НПВ). Поэтому в ВПВ 2/3 охлаждающего воздуха выходит из двигателя, а 1/3 вентилирующего воздуха НПВ из-за воздействия более мощного ВПВ идет в обратном направлении в двигатель. Это приводит к уменьшению общего объема охлаждающего воздуха и, как следствие, к увеличению температуры обмоток якоря, главных полюсов, дополнительных полюсов и компенсационных обмоток нижней части остова [5].



## Литература

1. Магистральные электровозы. Электрические машины и трансформаторное оборудование / В. И. Бочаров, П. А. Золотарев, М. А. Козорезов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1968. - 444 с. - Текст : непосредственный.
2. Электровоз ВЛ80Т : Руководство по эксплуатации / Под ред. Б. Р. Бондаренко. - Москва : Транспорт, 1977. - 568 с. - Текст : непосредственный.
3. Электровоз ВЛ85 : Руководство по эксплуатации / Всесоюз. н.-и., проект.-конструкт. и технол. ин-т электровозостроения, Новочерк. электровозостроит. з-д. - Москва : Транспорт, 1992. - 480 с. - Текст : непосредственный.
4. Виноградов, В. И. Вентиляторы электрических машин / В. И. Виноградов. - Ленинград : Энергоиздат: Ленингр. отд-ние, 1981. - 200 с. - Текст : непосредственный.
5. Вентиляция тяговых двигателей электровозов северного направления Восточного полигона РЖД / Д. И. Бодриков, Д. А. Акулов, И. А. Рыбкин, Р. С. Чубов, В. П. Смирнов. - Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. - 2023. - № 3. - С. 8-10.