

Рис.3 - График зависимости суммарных радиальных напряжений $\sigma_r=f_2(r)$

- отношение минимального эквивалентного напряжения составной трубы к эквивалентному напряжению для сплошной трубы

$$\frac{\sigma_{\text{экв}}^{\text{min}}}{\sigma_{\text{эка}}} = \frac{c+a}{2c}$$

для рассмотренных составных цилиндров колеблется в пределах 0,75-0,67.

При малом внутреннем радиусе а это отношение приближается к 0,5. Если же наружный радиус с близок по значению внутреннему радиусу а, т.е. труба тонкостенная, отношение $\sigma_{\text{экв}}^{\text{min}} / \sigma_{\text{эка}}$ становится близким к единице, т.е. составная труба не имеет прочностных преимуществ по сравнению со сплошной.

Литература.

1. Власов В.З. Основные дифференциальные уравнения общей теории упругих оболочек. - Прикладная математика и механика, 1944, т. VIII, №2.
2. Волков А.Н. Расчет толстостенных полых цилиндров. - М., 1972.
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.
4. Волков А.Н. Статика толстых оболочек. - М., 1974

**К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПРИВОДА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТА**

С.Г. Додолев

Научный руководитель – А.А. Успенский
Белорусский национальный технический университет

Изучение литературных данных о распределении отказов электродвигателей постоянного и переменного тока, показывает, что чаще всего в эксплуатации у двигателей постоянного и пере-

менного тока встречаются отказы, классификация которых приведена соответственно в табл. 1 [1] и в табл. 2 [2].

Таблица 1 - Виды и распределение отказов электродвигателей постоянного тока в %

Вид отказа	Модель троллейбуса Зиу-9	Модель троллейбуса Тр-9, Тр-14
Коллекторно-щеточный узел	57/49*	35/48
Изоляция обмотки якоря и катушек полюсов статора	25/37	57/26
Подшипники якоря	13/11	8/24
Другие	5/3	2/2

* Примечание: В числителе - данные для тяговых электродвигателей (ТЭД), в знаменателе - для вспомогательных электродвигателей.

Таблица 2 - Вид и распределение отказов электродвигателей переменного тока

Вид отказа	%
Изоляция обмоток	85-95
Подшипниковые узлы	5-8
Другие	2

Такие отказы электропривода как перетирание и обрыв проводов, механические разрушения клемных соединений, являясь внезапными и относятся к группе непрогнозируемых. Их предотвращают путем регламентной профилактической замены критических элементов, исходя из требуемого уровня безотказной работы [3].

В табл. 4 и в табл. 5 представлены статистические данные по ремонту оборудования собранные в депо г. Гомеля и приведенные к относительным единицам по формуле $A = n / N$, где n - количество отказов за месяц; N - количество эксплуатируемого подвижного состава (ПС).

В двух депо эксплуатируется 4 вида троллейбусов следующих моделей. ЗИУ-9, АКСМ-101, АКСМ-201, АКСМ20101. Троллейбусы вышеуказанных моделей имеют контакторно-резисторную или тиристорно-импульсную системы управления. Однако, все данные модели ПС имеют ТЭД постоянного тока.

Таблица 4 - Депо №1. Относительное количество отказов

Источник неисправности	Год	Месяц												Кол-во ПС
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ТЭД	1999	0,08	0,09	0,05	0,03	0,03	0,05	0,1	0,02	0,12	0,08	0,07	0,16	121
	2000	0,08	0,1	0,07	0,1	0,07	0,07	0,08	0,1	0,08	0,09	0,08	0,09	123
Эл. схема	1999	0,11	0,09	0,14	0,12	0,12	0,21	0,17	0,05	0,09	0,02	0,06	0,06	121
	2000	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,03	0,08	0,06	0,04	0,08	0,07	0,06	123

Таблица 5 - Депо №2. Относительное количество отказов

Источник неисправности	Год	Месяц												Кол-во ПС
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ТЭД	2000	0,21	0,13	0,12	0,14	0,13	0,11	0,08	0,1	0,13	0,11	0,08	0,1	114
	2001	0,22	0,03	0,14	0,14	0,09	0,1	0,09	0,1	0,11	0,1	0,05	0,11	115
Эл. схема	2000	0,09	0,05	0,06	0,09	0,1	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,04	0,07	114
	2001	0,22	0,1	0,13	0,19	0,13	0,16	0,15	0,16	0,17	0,12	0,13	0,17	115

С помощью метода сравнения средних значений двух малых выборок ($n_1 = n_2 \leq 20$) по Лорду [4] было доказано, что данные по неисправностям ТЭД 1-го и 2-го депо взяты из общей генеральной совокупности со средним значением μ . Следовательно, можно получить один ряд данных который будет отражать усредненное количество отказов по ТЭД за год как по отдельному депо, так и по двум депо одновременно. Полученный усредненный ряд представлен на рис. 1.

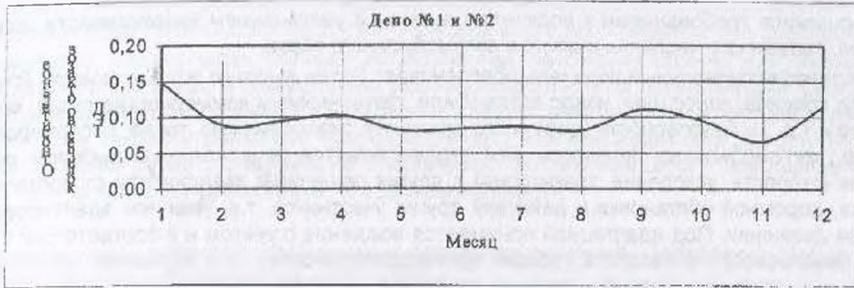


Рис. 1. - Относительное количество отказов ТЭД по двум депо г. Гомеля

Из представленного ряда видна сезонность отказов. В зимне-весенний и осенне-зимний период наблюдается небольшое увеличение отказов ТЭД. Весной и осенью это связано с повышенной влажностью, зимой с попаданием солевых смесей в двигатель, которыми обильно посыпают дороги, что вызывает ускоренную коррозию самого ТЭД и повышенный износ изоляции обмоток. Также соль растворяясь в воде является хорошим электролитом и может способствовать межвитковому замыканию.

Расчеты на основе данных по неисправностям электрических схем ПС показали, что данные двух депо не относятся к одной генеральной совокупности. Это может быть следствием того, что к электрической схеме в депо относят и элементы не относящиеся к системе управления ТЭД.

Статистические данные которые были получены из литературных источников и двух депо показывают, что актуальность диагностирования тяговых двигателей и системы управления достаточно высока. Но статистика отказов, отмеченная в документах депо неполная, она показывает лишь количество оборудования вышедшего из строя и не отражает причин его неисправности, что затрудняет применение локальных методов диагностики к наиболее ненадежным элементам. Следовательно, для полноценного сбора статистических данных отказов оборудования в депо, необходимо не только отмечать выход его из строя, а указывать причину выхода. При оснащении депо современной компьютерной техникой возможно "разбить" любое оборудование на необходимое количество подэлементов и вести подробную статистику отказов.

Применение диагностических методов к отдельным элементам оборудования и прогнозирования на основе подробных статистических данных позволят повысить надежность как отдельно взятых агрегатов так и ПС в целом и уменьшить количество внезапных выходов оборудования на линии.

Литература.

1. Веклич В.Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. - М.: Транспорт, 1990. - 295 с.
2. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л., Испытания и надежность электрических машин: Учеб. пособие для вузов по спец. "Электромеханика". - М.: Высш. шк., 1988. - 232 с.
3. Голубенко В.М. Исследование надежности тормозных систем автомобилей в эксплуатации: Дис. канд. техн. наук. - М.: МАДИ. 1969.-239 с.
4. Закс Л. Статическое оценивание. Пер. с нем. В.Н. Варыгина. Под ред. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. М., "Статистика", 1976.-598 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ВОДИТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Ю.П. Киричук

Научные руководители - В.Н. Седюкевич,

А.М. Ступенев

**Белорусский национальный технический
университет**

Целью проводимой научной работы является исследование проблемы повышения профессионального уровня водителей автомобилей. Актуальность задачи обуславливается объективно