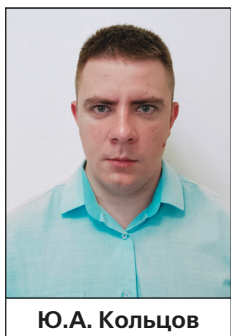


РАСЧЕТ И АНАЛИЗ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ



Ю.А. Кольцов



Д.И. Бодриков

Произведен расчет и анализ ресурсов бандажей колесных пар грузовых двухсекционных 2ЭС5К и трехсекционных 3ЭС5К электровозов переменного тока, эксплуатирующихся на Восточно-Сибирской железной дороге. Для расчетов была использована информация о замерах контролируемых параметров бандажей колесных пар.

Ключевые слова: электровозы серии ЭС5К, колесная пара, бандаж, наработка, ресурс

В настоящее время особый интерес для исследования долговечности подвижного состава представляет оборудование, лимитирующее межремонтные пробеги. Известно, что к такому оборудованию относят тяговые электродвигатели и колесные пары [1;2].

На первом этапе исследования произведен сбор данных о замерах контролируемых параметров бандажей колесных пар электровозов 2ЭС5К и 3ЭС5К приписки депо Вихоревка. Выполнено упорядочивание данных о толщине бандажей грузовых электровозов и произведена обработка информации с использова-

нием метода корреляционного анализа. В ходе анализа были отобраны по 30 осей колесных пар двух- и трехсекционных электровозов.

Затем, по результатам корреляционного анализа, построены облака корреляции толщины бандажей от наработки колесных пар, приведенные на рис. 1,2.

При рассмотрении графиков, приведенных на рис. 1,2, видна связь износа толщины бандажей с увеличением наработки колесных пар. В ходе эксплуатации электровозов, с увеличением наработки, уменьшается толщина бандажей. Приведенные зависимости являются линейными. Для определения зако-

Кольцов Юрий Александрович, преподаватель кафедры «Электропоезда и локомотивы» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), начальник участка по гарантийному обслуживанию электропоездов ООО «Уральские локомотивы». Область научных интересов: организация и совершенствование системы ремонта и технического обслуживания подвижного состава, надежность подвижного состава. Автор 11 научных работ.

Бодриков Денис Игоревич, ассистент кафедры «Электропоезда и локомотивы» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), начальник отдела скоростного моторвагонного подвижного состава Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: имитационное моделирование, оптимизация работы станции стыкования, организация системы эксплуатации и ремонта. Автор 12 научных работ.

Смирнов Валентин Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение надежности локомотивов. Автор 151 научной работы. Имеет три патента на изобретения.

Лыткина Екатерина Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог» Красноярского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения (КРИЖТ ИрГУПС). Область научных интересов: зональная система повышения надежности тягового подвижного состава. Автор 68 научных работ, в том числе одной монографии. Имеет шесть патентов РФ.

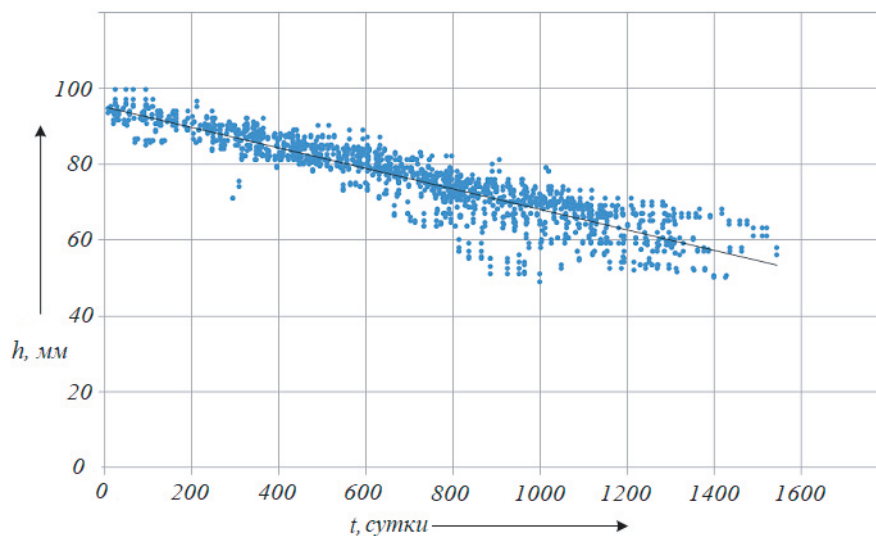


Рис. 1. Линейная статистическая связь уменьшения толщины бандажей от наработки колесных пар двухсекционных электровозов 2ЭС5К

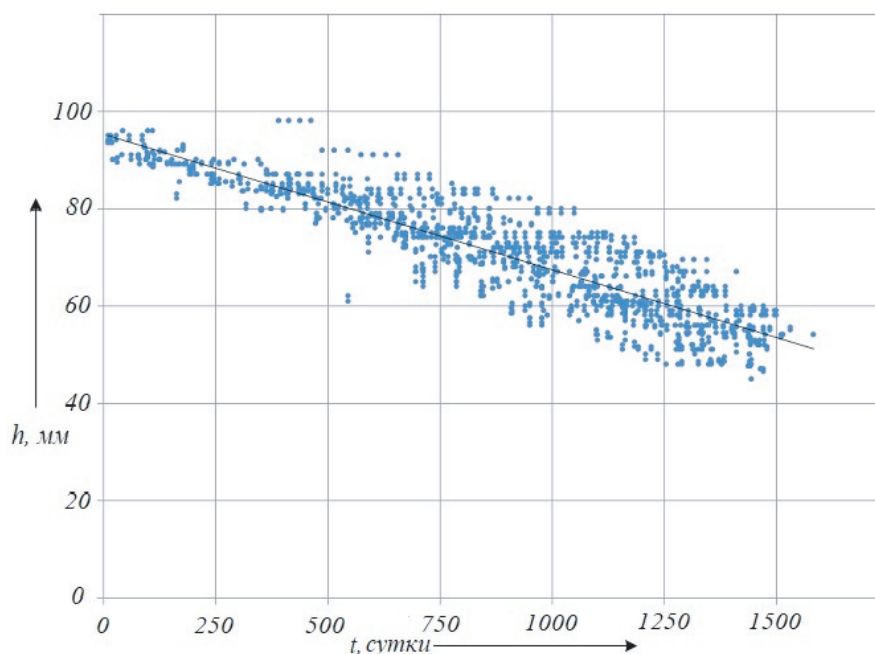


Рис. 2. Линейная статистическая связь уменьшения толщины бандажей от наработки колесных пар трехсекционных электровозов 3ЭС5К

номерностей износа бандажей определены законы распределения, а также построена функция распределения ресурса, с использованием метода наименьших квадратов [3].

При расчете была упорядочена толщина бандажей колесных пар с интервалом 100 суток и определены законы распределения для каждого интервала.

Для примера в табл. 1 и на рис. 3 приведены результаты расчетов при износе бандажей колесных пар в интервале наработки от 100 до 200 суток (для электровозов 2ЭС5К).

Аналогичные результаты расчетов износа бандажей электровозов 3ЭС5К в интервале наработки 600–700 суток представлены в табл. 2 и на рис. 4.

Таблица 1

**Закон распределения толщины бандажей при наработке колесных пар
электровозов 2ЭС5К в интервале от 100 до 200 суток**

Параметр	Результаты
Объем выборки, ед.	66
Среднее значение толщины бандажей, мм	90,674
Среднеквадратическое отклонение толщины бандажей, мм	2,644
Расчетный критерий Пирсона $\chi^2_{\text{расч}}$	1,241
Теоретический критерий Пирсона $\chi^2_{\text{теор}}$	4,605
Закон распределения	Нормальный
Вероятность соответствия закону распределения	0,538

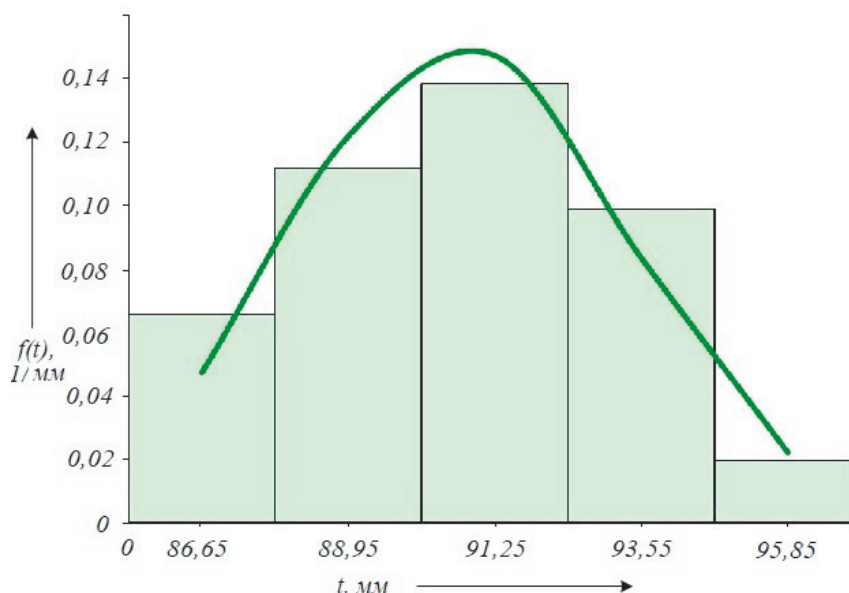


Рис. 3. Нормальный закон распределения толщины бандажей при наработке колесных пар
электровозов 2ЭС5К в интервале от 100 до 200 суток

Полученные значения средней величины и среднеквадратических отклонений толщины бандажей, относящихся к соответствующему временному интервалу электровозов 2ЭС5К, сведены в табл. 3.

Для построения регрессий изменения толщины бандажей от наработки колесных пар результаты расчетов средних значений и среднеквадратических отклонений толщины бандажей из табл. 3 перенесены в соответствующие графики зависимостей электровозов 2ЭС5К. Полученные регрессии приведены на рис. 5,6.

Для определения гамма-процентного ресурса бандажей колесных пар электровозов 2ЭС5К построена функция распределения ресурса бандажей с указанием 90% ресурса (рис. 7) [4].

Аналогично сведены в табл. 4 полученные средние значения и среднеквадратические отклонения толщины бандажей, относящиеся к соответствующему интервалу наработки колесных пар электровозов 3ЭС5К и построены зависимости регрессий (рис. 8,9).

Функция распределения ресурса бандажей колесных пар электровозов 3ЭС5К с указанием 90% ресурса представлена на рис. 10 [4].

Таблица 2

**Закон распределения толщины бандажей при наработке колесных пар
 электровозов ЗЭС5К в интервале от 600 до 700 суток**

Параметр	Результаты
Объем выборки, ед.	106
Среднее значение толщины бандажей, мм	78,066
Среднеквадратическое отклонение толщины бандажей, мм	5,501
Расчетный критерий Пирсона $\chi^2_{\text{расч}}$	5,299
Теоретический критерий Пирсона $\chi^2_{\text{теор}}$	6,251
Закон распределения	Нормальный
Вероятность соответствия закону распределения	0,151

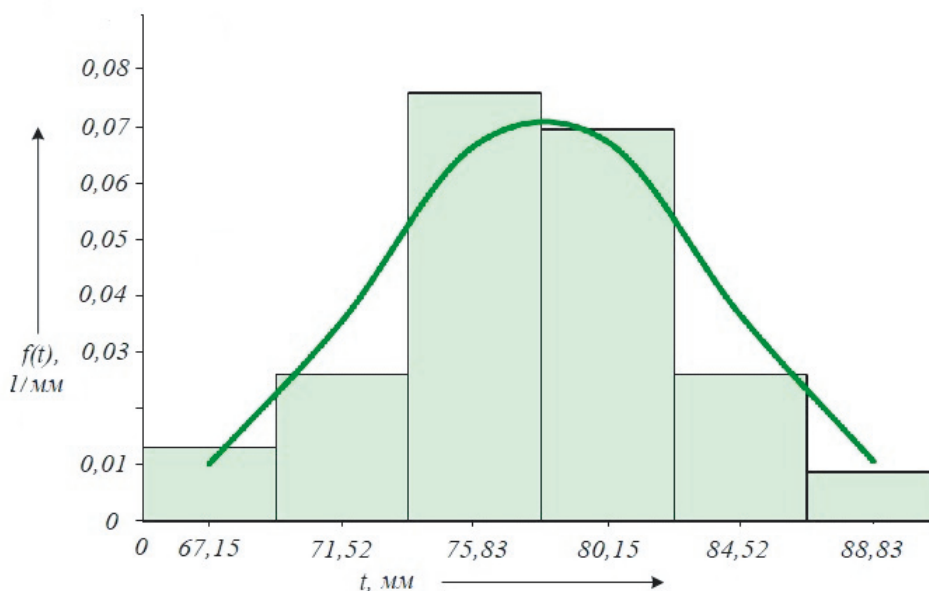


Рис. 4. Нормальный закон распределения толщины бандажей при наработке колесных пар электровозов ЗЭС5К в интервале от 600 до 700 суток

Выводы

1. Ресурс бандажей колесных пар электровозов 2ЭС5К составил 1532 суток, электровозов ЗЭС5К – 1486 суток.
2. При среднесуточном пробеге локомотивов в пределах 500 км (приблизенно) ресурс бандажей колесных пар будет составлять 766 и 743 тыс. км соответственно. Сравнительный анализ полученных значений ресурсов бандажей говорит о том, что необходимо провести испытания с увеличенным сроком эксплуатации и проанализировать полученные статистические данные об износе для их рационального использования.
3. Также необходимо выполнить расчет ресурса с использованием методики группировки толщин бандажей колесных пар [5] для сравнения результатов с методикой расчета при группировке наработок бандажей. 

Таблица 3

**Регрессии изменения средних значений и среднеквадратических отклонений
толщины бандажей от наработки колесных пар электровозов 2ЭС5К**

Интервал наработки колесных пар, сутки	Среднее значение толщины бандажей $m_h(m_t)$, мм	Средняя наработка колесных пар m_t , сутки	Среднеквадратическое отклонение толщины бандажей $\sigma_h(m_t)$, мм	Объем выборки, ед.
0–100	93,28	54,24	3,05	72
100–200	90,67	142,77	2,64	66
200–300	88,38	252,01	3,56	94
300–400	85,92	346,02	3,16	144
400–500	83,61	452,18	2,57	150
500–600	81,61	553,98	3,43	120
600–700	78,34	644,87	4,07	154
700–800	74,32	757,22	4,71	168
800–900	70,41	849,47	5,73	168
900–1000	68,10	949,38	5,89	142
1000–1100	67,17	1048,43	5,26	150
1100–1200	63,65	1145,12	4,65	120
1200–1300	61,12	1256,36	5,36	82

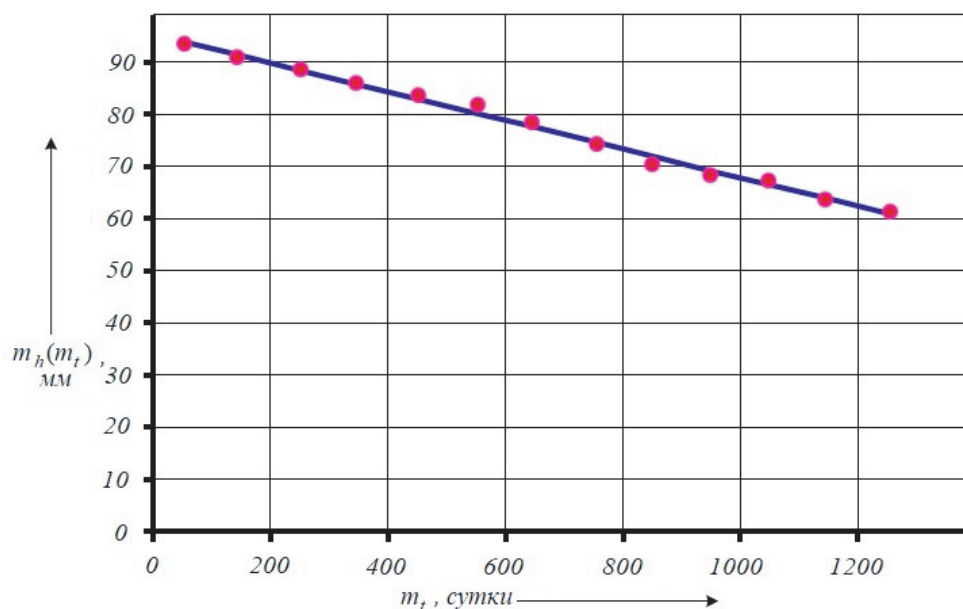


Рис. 5. Регрессия изменения средних значений толщины бандажей
от наработки колесных пар электровозов 2ЭС5К

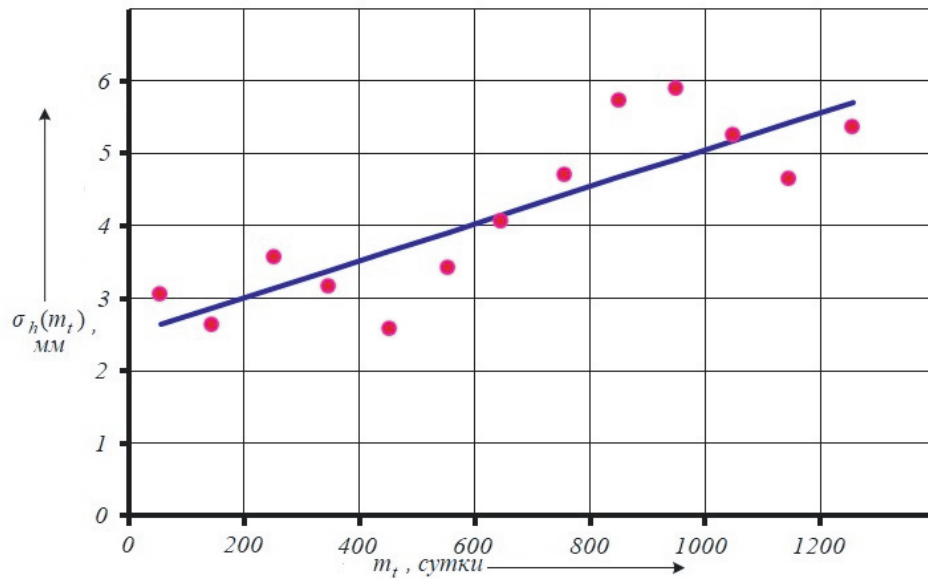


Рис. 6. Регрессия изменения среднеквадратических отклонений толщины бандажей от наработки колесных пар электровозов 2ЭС5К

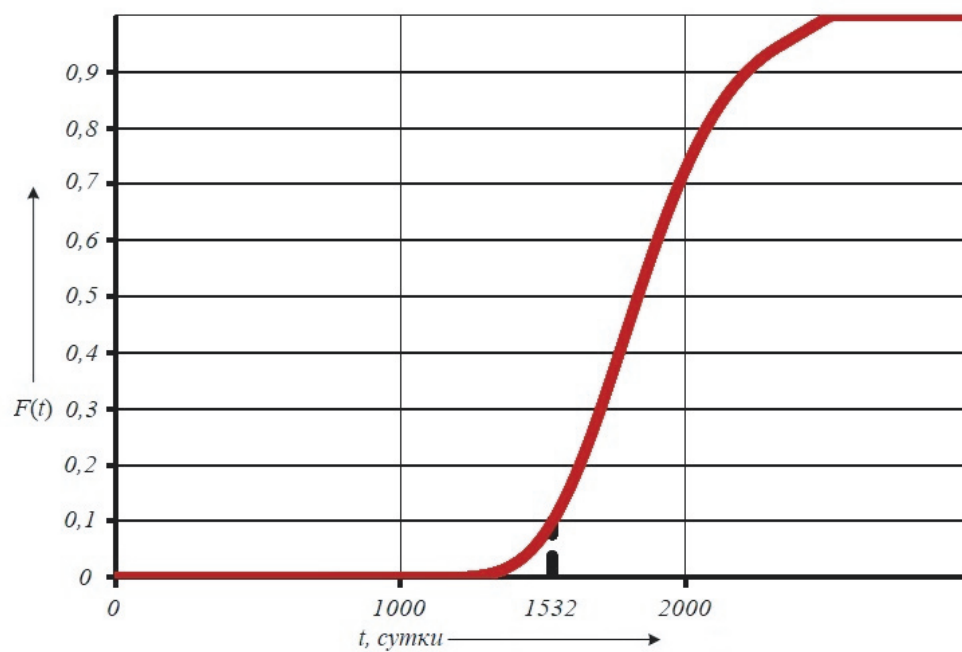


Рис. 7. Функция распределения ресурса бандажей колесных пар электровозов 2ЭС5К

Таблица 4

**Регрессии изменения средних значений и среднеквадратических отклонений
толщины бандажей от наработки колесных пар электровозов ЗЭС5К**

Интервал наработки колесных пар, сутки	Средняя толщина бандажей $m_h(m_t)$, мм	Средняя наработка колесных пар m_t , сутки	Среднеквадратическое отклонение толщины бандажей $\sigma_h(m_t)$, мм	Объем выборки, ед.
0–100	92,16	62,87	2,11	48
100–200	89,59	151,48	2,52	56
200–300	87,01	242,67	1,85	52
300–400	84,77	356,27	3,60	62
400–500	84,37	445,54	4,64	88
500–600	80,26	557,94	5,13	92
600–700	78,07	654,52	5,51	106
700–800	74,26	751,26	4,94	146
800–900	72,67	850,01	5,73	126
900–1000	69,00	951,27	6,45	150
1000–1100	66,18	1055,09	5,76	126
1100–1200	63,91	1148,78	6,20	160
1200–1300	60,07	1249,86	6,01	150
1300–1400	56,68	1343,40	5,43	133
1400–1500	54,43	1443,13	4,41	94

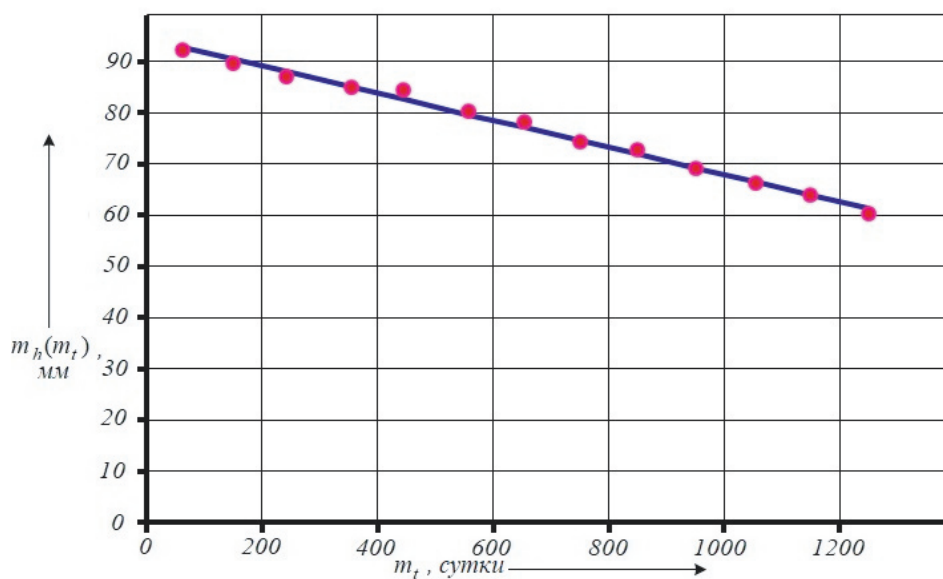


Рис. 8. Регрессия изменения средних значений толщины бандажей
от наработки колесных пар электровозов ЗЭС5К

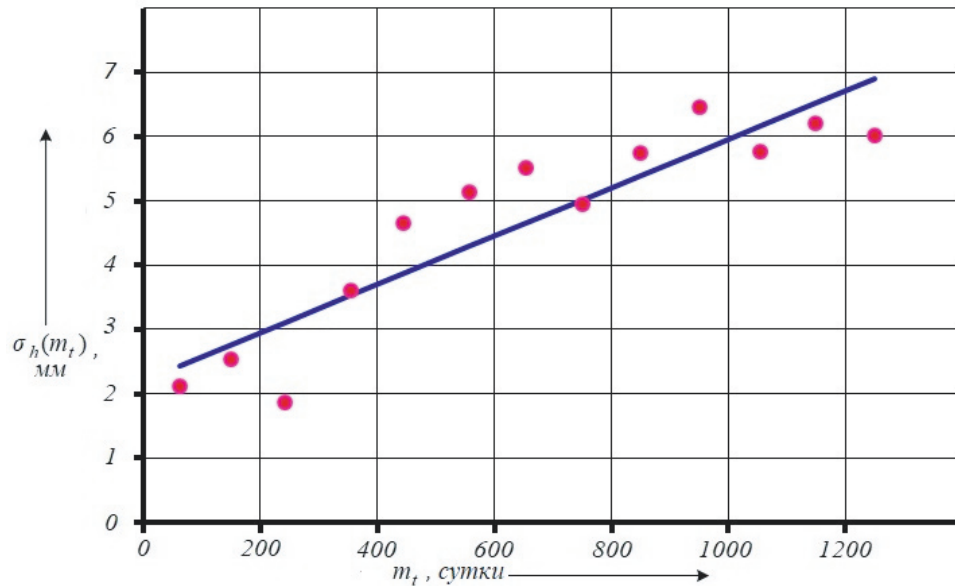


Рис. 9. Регрессия изменения среднеквадратических отклонений толщины бандажей от наработки колесных пар электровозов 3ЭС5К

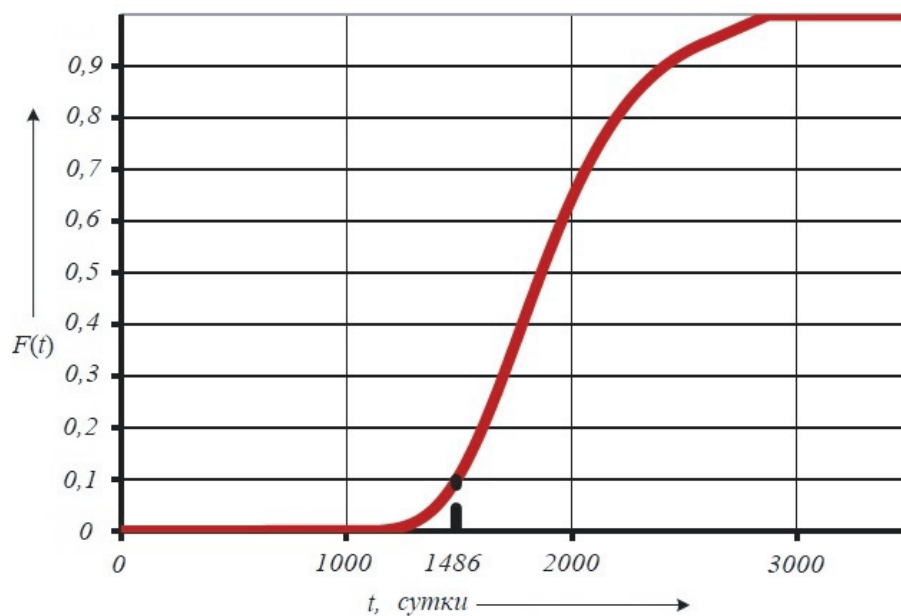


Рис. 10. Функция распределения ресурса бандажей колесных пар электровозов 3ЭС5К

Литература

1. Воробьев, А.А. Оценка ресурса оборудования ТПС / А.А. Воробьев, А.В. Скребков. —Текст: непосредственный // Мир транспорта . —2012. —Т.10, №5(43). —С. 38–41.
2. Горский, А.В. Рационализация системы ремонта ТПС / А.В. Горский, А.А. Воробьев, А.В. Скребков. —Текст: непосредственный // Мир транспорта. —2011. —Т.9, №5 (38). —С. 64–68.
3. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов / Н.Ш. Кремер. —2-е изд., перераб. и доп. —Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. —573 с. —ISBN 5-238-00573-3. —Текст: непосредственный.
4. Анализ процесса изнашивания и определение ресурса узлов электроподвижного состава: Учебное пособие по дисциплине «Эксплуатация и ремонт ЭПС» для студентов курса специальности «Электр. трансп. желез. дорог» / А.В. Горский, А.А. Воробьев, Д.И. Бодриков, В.П. Смирнов; М-во путей сообщ. Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ). Каф. электр. тяги. —Москва: Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ), 2001. —35 с. —Текст: непосредственный.
5. Кольцов, Ю.А. Методика для оценки и определения ресурса оборудования локомотивов по замерам контролируемых параметров / Ю.А. Кольцов, А.А. Воробьев, Д.И. Бодриков, В.П. Смирнов. —Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. —2021. —№3. —С. 26–31.