

РОЗДІЛ V. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.397 446-027.45

И.И. Васильева, канд. техн. наук

Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, г. Донецк, Украина

НАДЕЖНОСТЬ ТЕЛЕВИЗОРОВ И ЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Показаны результаты исследования надежности кинескопных, жидкокристаллических и плазменных телевизоров. Установлено, что наиболее адекватной моделью распределения отказов телевизоров разных типов и марок является закон Вейбулла, который позволяет определять надежность телевизоров (вероятность безотказной работы и наработки до отказа). Приведены прогнозные данные этих показателей надежности, рассчитанные для разных типов телевизоров.

Ключевые слова: кинескопный, жидкокристаллический и плазменный телевизоры, надежность, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, наработка до отказа.

Показано результати дослідження надійності кінескопних, рідкокристалічних і плазмових телевізорів. Встановлено, що найбільш адекватною моделлю розподілу відмов телевізорів різних типів і марок є закон Вейбулла, що дозволяє визначати надійність телевізорів (ймовірність безвідмовної роботи та напрацювання до відмови). Наведені прогнозні дані цих показників надійності, розраховані для різних типів телевізорів.

Ключові слова: кінескопний, рідкокристалічний і плазмовий телевізори, надійність, інтенсивність відмов, ймовірність безвідмовної роботи, напрацювання до відмови.

The research results of CRT, LCD and plasma TV sets safety are brought in the article. The most adequate model of failure distribution in TV sets of different types and brand names is set as the law of Weibull. It enables determination of TV sets safety (probability of no-failure operation and time before failure). The forecasting data of these safety indices calculated for different TV sets types are given.

Key words: CRT, LCD and plasma TV sets, safety, failure rate, probability of no-failure operation, time before failure.

Постановка проблемы. В интересах потребителей, чтобы продукция, предлагаемая на рынке, имела высокие показатели качества в течение всего срока хранения и эксплуатации. Между качеством и надежностью существует тесная взаимосвязь. Чем больше надежность технического устройства, тем выше его качество.

Анализ последних исследований и публикаций. Однако высокие показатели качества не означают еще, что данная продукция будет обладать хорошей надежностью и сохранять эти показатели в течение заданного времени [1-10].

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Телевизоры, находясь на стадиях обращения и эксплуатации, подвергаются ремонту. Причем этот ремонт может быть предторговым, гарантийным и послегарантийным. Предторговому ремонту, как показывают исследования, подвергается относительно небольшое количество телевизоров – всего 2 %, хотя в отдельных случаях эта цифра может достигать и 20 %. При этом надо иметь в виду, что в предпродажный период ремонтируются телевизоры с мелкими и незначительными дефектами, вызванными главным образом механическими нагрузками при погрузочно-разгрузочных работах. В период гарантийного срока службы (12-36 месяцев со дня продажи) количество телевизоров, подвергнутых ремонту, удваивается и составляет около 5 %, однако колеблется для разных моделей в достаточно широких пределах от 2,64 до 18 %.

Необходимо отметить, что как распределение отказов, так и физическая природа их возникновения носят в какой-то мере индивидуальный характер и определяются конкретными условиями производства телевизоров. Это обстоятельство еще раз подчеркивает, что изучение физической природы отказов, установление общих закономерностей их распределения превращается в сложную научную и инженерно-техническую проблему, для разрешения которой необходим постоянный и всесторонний анализ уровня качества как изделий в целом, так и их составных элементов.

Цель статьи. Главной целью этой работы является оценка надежности кинескопных, жидкокристаллических и плазменных телевизоров.

Изложение основного материала. Для количественного анализа процесса функционирования и оценки надежности телевизоров необходимо построить математическую модель. Модель получают в результате формализации процесса эксплуатации и его параметров. Выбор характеристик процесса обусловлен необходимой степенью приближения модели к действительности.

Путь исследований отдельных свойств надежности телевизоров с помощью математических моделей представляется единственно возможным и наиболее эффективным. Это в первую очередь относится к исследованиям, целью которых является определение количественных соотношений между различными характеристиками и параметрами изучаемых явлений.

Для выбора показателей надежности изделий необходимо рассмотреть модель функционирования данного изделия. При этом под моделью понимается абстракция реального явления, сохраняющая существенные особенности функционирования таким образом, чтобы ее анализ предоставлял возможность проникнуть в сущность исследуемого процесса.

Было поставлено задание – прогнозировать надежность телевизоров с целью повышения их качества в целом. На наш взгляд, одним из возможных путей решения поставленной задачи является прогнозирование отказов телевизоров в период эксплуатации. Для этого необходимо найти закон распределения отказов во времени, который описывал бы данную ситуацию.

В табл. 1 представлены показатели надежности кинескопных телевизоров, а на рис. 1-3 – кривые распределения отказов в процессе их эксплуатации.

Таблица 1

Показатели надежности кинескопных телевизоров “Электрон 54 ТК 707”

Количество телевизоров (n), находившихся в эксплуатации за время Δt		Количество отказов за время, Δt	Количество отказов в единицу времени, $\lambda(t)$	Вероятность безотказной работы, $P(t)$	Интенсивность отказов, $\lambda_1(t)$
Δt	n				
0-50	418	40	0,200	0,90431	5,291E-04
51-100	378	57	0,285	0,84921	8,879E-04
101-150	321	48	0,240	0,85047	8,791E-04
151-200	273	45	0,225	0,83516	9,868E-04
201-250	228	51	0,255	0,77632	1,441E-03
251-300	177	52	0,260	0,70621	2,080E-03
301-350	125	60	0,300	0,52000	4,615E-03
351-400	65	65	0,325	0,00000	–

Примечание: Δt – приведено в днях, исходя из того, что телевизоры работают в среднем в сутки 4 ч, интервал времени $t_i - t_{i+1}$ (Δt) равен 200 ч; $\lambda(t)$ и $\lambda_1(t)$ пересчитывали на единицу времени – час.

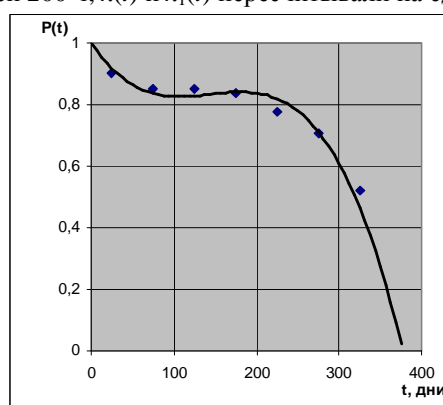


Рис. 1. Кривая вероятности безотказной работы кинескопных телевизоров “Электрон 54 ТК 707” во времени

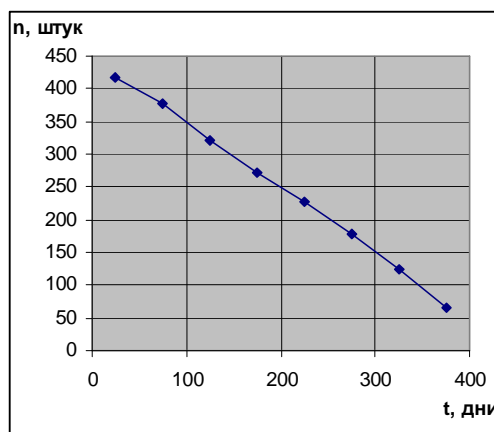


Рис. 2. Количественное распределение работоспособных кинескопных телевизоров “Электрон 54 ТК 707” *n* в процессе эксплуатации

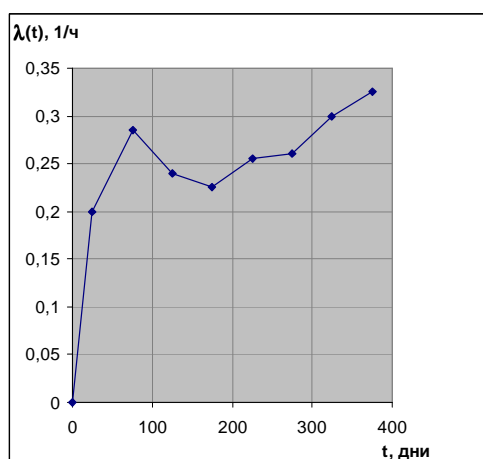


Рис. 3. Изменение количества отказов в единицу времени кинескопных телевизоров “Электрон 54 ТК 707” в процессе эксплуатации

Анализ кривых распределения отказов для кинескопных телевизоров показывает, что весь процесс их эксплуатации можно разделить на три периода: начальный период, или период приработки, период нормальных случайных отказов и период старения. В начальный период эксплуатации происходит приработка деталей схемы, проявляются скрытые дефекты монтажа, отдельных блоков и узлов.

Причиной приработочных отказов телевизора наряду с наличием дефектных элементов могут быть и ошибки, допущенные при сборке и монтаже – некачественная пайка, ненадежность контактов, ошибки монтажа и др. Эти виды отказов не связаны с эксплуатацией изделия потребителем. К числу основных отказов в начальный период эксплуатации телевизоров следует отнести отказы интегральных схем и транзисторов, доля которых в общем их количестве превышает 50 %.

Таким образом, в процессе приработки каждый дефектный элемент телевизора постепенно заменяется нормальным и их число будет неуклонно уменьшаться. Следовательно при постоянной интенсивности приработочных отказов общая интенсивность отказов телевизоров в период приработки будет уменьшаться до тех пор, пока не будет заменен последний дефектный элемент.

Периоды приработки для разных марок и моделей телевизоров неодинаковы и находятся в пределах от 100-800 ч. Для кинескопных телевизоров период приработки составляет обычно 100 дней или 400 ч. Это означает, что кривая распределения отказов в начальный период идет вверх, т. е. интенсивность отказов достаточно высокая. Чем ме-

ныше этот период, тем быстрее проявляются скрытые дефекты телевизора, тем легче их устранить и тем самым удлинить второй период эксплуатации. Этот период значительно дольше первого и третьего периодов. Для исследуемых кинескопных телевизоров он составляет около 300 дней эксплуатации. Эта часть кривой определяет качество разработки и проектный срок службы телевизора. Чем больше этот период во время эксплуатации, тем выше качество схемотехнического решения телевизора. Чем ближе кривая интенсивности отказов к оси абсцисс, тем выше надежность телевизора. Этот период представляет собой по существу экономический срок службы изделия. Задание состоит в том, чтобы этот период продлить настолько, насколько это возможно. Продление этого периода эксплуатации возможно за счет качественного ремонта и технического обслуживания телевизоров.

В период нормальных случайных отказов телевизоров еще большее значение, чем в период его приработки, имеет предварительная отбраковка и прогон ИЭТ, используемых для замены отказавших. Действительно, если взамен отказавших элементов при ремонте телевизора будут использоваться дефектные, то его надежность в этот период будет определяться, в первую очередь, именно ними. Поэтому качество ремонта телевизоров в период нормальной эксплуатации играет немаловажную роль.

Основной путь повышения вероятности безотказной работы телевизоров в период нормальных случайных отказов – это всемерное повышение наработки на отказ всех используемых в них элементов. Это зависит от многих факторов – конструкции изделия, технологии его изготовления, соблюдения правил эксплуатации и др.

Третий период – это период старения, износа и усталости комплектующих изделий и деталей телевизоров. Он характеризуется резким повышением интенсивности отказов. Отказы этого периода зависят от долговечности элементов, входящих в состав телевизора, и часто вызываются механическими и химическими воздействиями. Профилактическая замена элементов до наступления их износных отказов, а также выполненный на должном уровне ремонт способны продлить срок службы телевизора до тех пор, пока издержки не станут решающим фактором. Отношение числа отказов из-за дефектных комплектующих изделий и деталей к числу отказов из-за некачественного монтажа в цветных телевизорах составляет 80:20 в процентном отношении (мнение специалистов и ведущих технологов сервисных центров).

В табл. 2 и на рис. 4-6 представлены данные надежности жидкокристаллических телевизоров.

Таблица 2

Показатели надежности жидкокристаллических телевизоров Samsung LE-32D403E2

Количество телевизоров (n), находившихся в эксплуатации за время Δt		Количество отказов за время, Δt	Количество отказов в единицу времени, $\lambda(t)$	Вероятность безотказной работы, $P(t)$	Интенсивность отказов, $\lambda_1(t)$
Δt	n				
0-50	312	50	0,250	0,87500	9,542E-04
51-100	262	39	0,195	0,81319	8,744E-04
101-150	223	30	0,150	0,83784	7,772E-04
151-200	193	28	0,140	0,80108	8,485E-04
201-250	165	29	0,145	0,80537	1,066E-03
251-300	136	36	0,180	0,77500	1,800E-03
301-350	100	45	0,225	0,69892	4,091E-03
351-400	55	55	0,275	0,00000	–

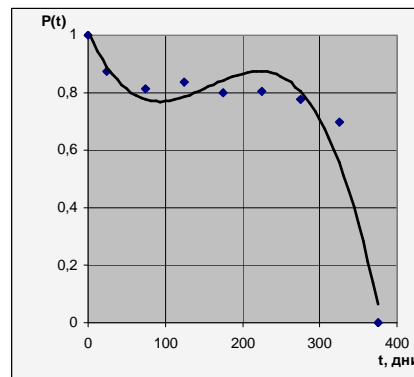


Рис. 4. Кривая вероятности безотказной работы жидкокристаллических телевизоров Samsung LE-32D403E2 во времени

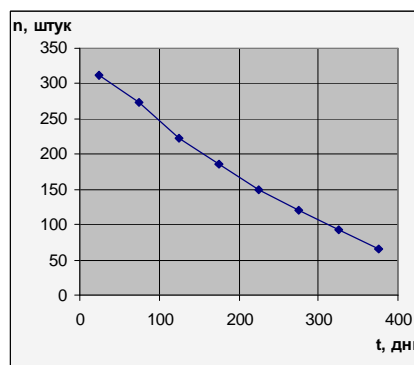


Рис. 5. Количественное распределение работоспособных жидкокристаллических телевизоров Samsung LE-32D403E2n в процессе эксплуатации

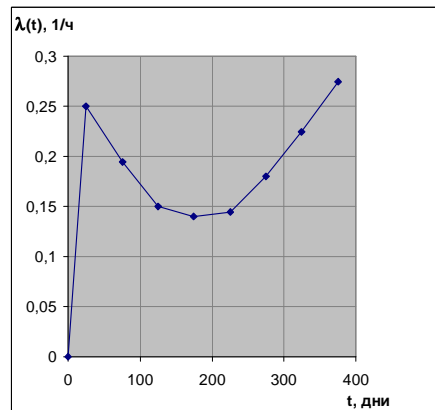


Рис. 6. Изменение количества отказов в единицу времени жидкокристаллических телевизоров Samsung LE-32D403E2 в процессе эксплуатации

В табл. 3 и на рис. 7-9 представлены данные надежности плазменных телевизоров.

Таблица 3

Показатели надежности плазменных телевизоров Panasonic TX PR 42U30

Количество телевизоров (n), находившихся в эксплуатации за время Δt		Количество отказов за время, Δt	Количество отказов в единицу времени, λ(t)	Вероятность безотказной работы, P(t)	Интенсивность отказов, λ ₁ (t)
Δt	n				
1	2	3	4	5	6
0-50	185	32	0,160	0,80541	1,046E-03
51-100	153	33	0,165	0,85235	1,375E-03
101-150	120	13	0,065	0,84252	6,075E-04

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6
151-200	107	15	0,075	0,85981	8,152E-04
201-250	92	19	0,095	0,79348	1,301E-03
251-300	73	23	0,115	0,68493	2,300E-03
301-350	50	24	0,120	0,52000	4,615E-03
351-400	26	26	0,130	0,00000	–

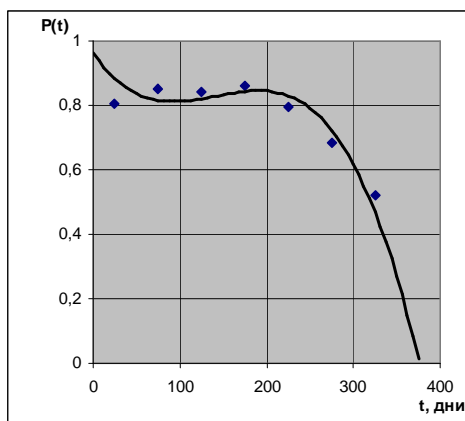


Рис. 7. Кривая вероятности безотказной работы плазменных телевизоров Panasonic TX PR 42U30 во времени

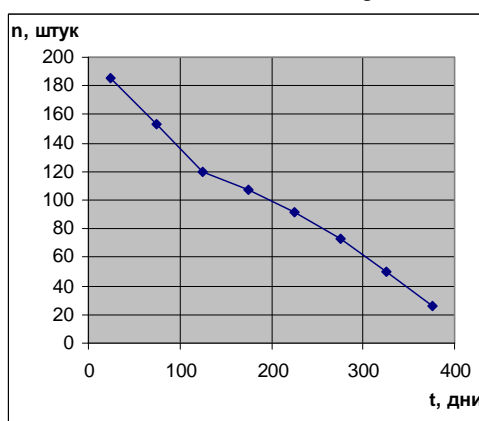


Рис. 8. Количественное распределение работоспособных плазменных телевизоров Panasonic TX PR 42U30 n в процессе эксплуатации

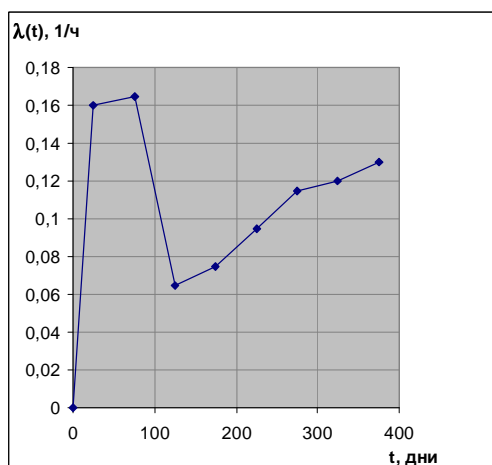


Рис. 9. Изменение количества отказов в единицу времени плазменных телевизоров Panasonic TX PR 42U30 в процессе эксплуатации

Рассмотренные три вида интенсивности отказов от времени можно получить, используя для вероятностного описания случайной наработки до отказа двухпараметрическое распределение Вейбулла. Правомерность его применения подтвердили расчеты коэффициента вариации, значение которого для всех трех типов телевизоров находилось в пределах от 0,4 до 0,6.

При распределении Вейбулла вероятность безотказной работы на промежутке $(0, t)$ имеет вид:

$$p(t) = \exp(-\lambda t^\alpha), t \geq 0, \lambda > 0, \alpha > 0. \quad (1)$$

Аналогично получим, что плотность распределения наработки на отказ равна:

$$\omega(t) = \lambda \alpha t^{\alpha-1} \exp(-\lambda t^\alpha). \quad (2)$$

Основной причиной широкого использования закона Вейбулла является то, что он содержит дополнительный параметр α . Подбирая нужным образом параметры, мы можем получить лучшее соответствие опытным данным по сравнению с экспоненциальным законом.

Среднее время безотказной работы находится по формуле:

$$\bar{t} = \int_0^\infty e^{\lambda t^\alpha} dt = \lambda^{-\frac{1}{\alpha}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right), \quad (3)$$

где $\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1} e^{-t} dt$ – гамма-функция.

Дисперсия времени безотказной работы для распределения Вейбулла определяется соотношением:

$$\sigma^2 = \lambda^{-2/\alpha} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right]. \quad (4)$$

Теперь можем определить интенсивность отказов для распределения Вейбулла:

$$\lambda(t) = \lambda \alpha t^{\alpha-1}, t \geq 0, \lambda > 0, \alpha > 0. \quad (5)$$

Таким образом, интенсивность отказов $\lambda(t)$ монотонно возрастает при $\alpha > 1$, при $\alpha = 1$ – постоянна, а при $\alpha < 1$ $\lambda(t)$ монотонно убывает.

Нами оценивались параметры распределения Вейбулла в системе STATISTICA, которая предлагает широкий набор методов для анализа надежности и прогнозирования отказов оборудования. Запускали модуль «Анализ процессов», затем выбирали «Анализ Вейбулла» на стартовой панели, далее «Группированные данные», «Распределение Вейбулла», «Вероятностный график». По умолчанию программа вычислила оценки максимального правдоподобия для двухпараметрического распределения Вейбулла. Окно результатов позволило интерактивно провести подгонку оценок параметров к данным распределения Вейбулла с различными параметрами.

В нашем случае распределение Вейбулла подбиралось весовым методом наименьших квадратов, который обеспечивает наилучшее соответствие теоретической функции распределения эмпирической в соответствии с выбранным критерием согласия.

Для дальнейшего расчета наработки до отказа вначале определялось среднее число работоспособных телевизоров за определенный интервал времени $\Delta t = t_{i+1} - t_i$:

$$Z_{t_i} = \frac{n_{t_i} + n_{t_{i+1}}}{2}. \quad (6)$$

Теоретическую вероятность безотказной работы рассчитывали по формуле:

$$p_i(t) = \frac{Z_{t_i}}{n_{t_i}}. \quad (7)$$

Затем находили теоретическую наработку на отказ m (дни) по следующему соотношению:

$$m = \sum_{i=1}^N p_i(t) \cdot \Delta t, \quad (8)$$

где $\Delta t = 50$ дней; $N = 8$ в нашем случае.

Результаты вычислений по кинескопным, жидкокристаллическим и плазменным телевизорам приведены в табл. 4-6.

Таблица 4

Данные наработки до отказа кинескопных телевизоров "Электрон 54 ТК 707"

Период работы, дни	Вероятность безотказной работы	Вероятность появления отказов	Среднее число работоспособных телевизоров	Теоретическая вероятность безотказной работы
Δt	P(t)	Q(t)	Z(t)	P _i (t)
0-50	0,90431	0,09569	398,0	0,95215
51-100	0,84921	0,15079	349,5	0,92460
101-150	0,85047	0,14953	297,0	0,92523
151-200	0,83516	0,16484	250,5	0,91758
201-250	0,77632	0,22368	202,5	0,88816
251-300	0,70621	0,29379	151,0	0,85311
301-350	0,52000	0,48000	95,0	0,76000
351-400	0,00000	1,00000	32,5	0,50000
		Нарботка до отказа, дни		336,04
		Нарботка до отказа, ч		1344,17

Таблица 5

Данные наработки до отказа жидкокристаллических телевизоров Samsung LE-32D403E2

Период работы, дни	Вероятность безотказной работы	Вероятность появления отказов	Среднее число работоспособных телевизоров	Теоретическая вероятность безотказной работы
Δt	P(t)	Q(t)	Z(t)	P _i (t)
0-50	0,87500	0,12500	292,5	0,93750
51-100	0,81319	0,18681	247,5	0,90659
101-150	0,83784	0,16216	204,0	0,91892
151-200	0,80108	0,19892	167,5	0,90054
201-250	0,80537	0,19463	134,5	0,90268
251-300	0,77500	0,22500	106,5	0,88750
301-350	0,69892	0,30108	79,0	0,84946
351-400	0,00000	1,00000	32,5	0,50000
		Нарботка до отказа, дни		340,16
		Нарботка до отказа, ч		1360,64

Таблица 6

Данные наработки до отказа плазменных телевизоров Panasonic TX PR 42U30

Период работы, дни	Вероятность безотказной работы	Вероятность появления отказов	Среднее число работоспособных телевизоров	Теоретическая вероятность безотказной работы
Δt	P(t)	Q(t)	Z(t)	P _i (t)
1	2	3	4	5
0-50	0,80541	0,19459	167,0	0,90270
51-100	0,85235	0,14765	138,0	0,92617
101-150	0,84252	0,15748	117,0	0,92126

Закінчення табл. 6

1	2	3	4	5
151-200	0,85981	0,14019	99,5	0,92991
201-250	0,79348	0,20652	82,5	0,89674
251-300	0,68493	0,31507	61,5	0,84247
301-350	0,52000	0,48000	38,0	0,76000
351-400	0,00000	1,00000	13,0	0,50000
		Наработка до отказа, дни		333,96
		Наработка до отказа, ч		1335,85

Выводы и предложения. Таким образом, наработка до отказа кинескопных телевизоров составляет 1344 ч, для жидкокристаллических – этот показатель равен 1360 ч и для плазменных – 1335 ч. Из этого следует, что наработка до отказа несколько больше у жидкокристаллических и меньше всего у плазменных телевизоров, хотя разница между показателями незначительная. Это связано, очевидно, с тем, что элементная база современных телевизоров существенно не отличается. Также следует учитывать, что около 50 % отказов приходится на интегральные микросхемы и 25 % – на транзисторы, а элементная база данных типов телевизоров на 85-90 % одинакова (доля отказов матриц 10-20 %). Следовательно надежность, а точнее наработка до отказа, в пределах 80 % определяется, главным образом, надежностью комплектующих изделий. К тому же надо учесть, что в кинескопных телевизорах отработана технология их производства и надежность их достаточно высока. Они уступают телевизорам новых поколений, но, главным образом, по четкости изображения, потреблению электроэнергии, дизайну и ряду эргономических характеристик. Плазменные телевизоры, как известно, занимают незначительную долю в объеме реализации телевизоров, и это связано с тем, что они представлены моделями с большими диагоналями экрана и потребляют много энергии, а по надежности они незначительно уступают жидкокристаллическим и кинескопным телевизорам.

Исходя из вышеизложенного, для ремонтируемых изделий важное значение имеет определение оптимальных сроков их службы. Такие сроки можно учитывать при составлении научно обоснованных планов производства, реализации, ремонта товаров, а также планов производства комплектующих и запасных деталей и частей.

Список использованных источников

1. *Перроте А. И.* Вопросы надежности РЭА / А. И. Перроте, М. А. Сторчак. – М. : Сов. Радио, 1976. – 184 с.
2. *Гречухин Е. А.* Цветные телевизоры: главное – надежность / Е. А. Гречухин // ЭКО. – 1987. – № 5. – С.135-149.
3. *Кубарев А. И.* Надежность машин, оборудования и приборов бытового назначения / А. И. Кубарев, Е. А. Панфилов, Б. И. Хохлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1987. – 336 с.
4. *Романов В.* Количественная оценка надежности интегральных микросхем с учетом математической модели отказов / В. Романов // ЭкиС. – К. : VD MAIS, 2005. – № 4. – С. 4-7.
5. *Корниенко Р.* Из опыта ремонта телевизоров Samsung на шасси S16A /B/ C /D производства ООО «Телебалт» / Р. Корниенко, С. Яшин // Ремонт & Сервис. – 2008. – № 9. – С. 12-15.
6. *Капур К.* Надежность и проектирование машин / К. Капур, Л. Ламберсон. – М. : Мир, 1980. – 604 с.
7. *Маликов И. М.* Проблемы надежности и количественные характеристики надежности / И. М. Маликов. – Л., 1986.
8. *Фомин В. М.* Нормирование показателей надежности / В. М. Фомин. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 140 с.
9. *Данилин Н. С.* Обеспечение качества РЭА методами диагностики и прогнозирования / Н. С. Данилин [и др.]. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 224 с.
10. *Автономов А. И.* Оценка телевизоров потребительскими организациями за рубежом / А. И. Автономов, Е. С. Анкирский // Техническая эстетика. – 1981. – № 2. – С. 20-21.