



А.Е. М лютин
эксперт Ряз нской л бор тории
судебной экспертизы Минюст
России, к.ф.-м.н.



П.И. Милюхин
н ч льник Ряз нской л бор тории
судебной экспертизы Минюст
России, к.ю.н., доцент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗНОСА ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОБЫТОВОЙ ТЕХНИКИ

В ст тье р ссм трив ются теоретические и пр ктические спекты определения коэффициент износ объектов электробытовой техники методом эффективного возр ст для определения ост точной стоимости.

Ключевые слов : электробытов я техник , коэффициент износ , ост точн я стоимость.

A.E. Malutin, P.I. Milyukhin

ASSESSMENT OF ELECTRICAL HOUSEHOLD APPLIANCES WEAR RATE

The article examines theoretical and practical aspects of electrical household appliances wear rate assessment by the effective age method for residual value definition.

Keywords: electrical household appliances, wear rate, residual value.

При производстве судебной эксперти-
зы по р зличным к тегориям дел дост -
точно ч сто реш ется оценочн я з д ч
по определению ост точной стоимости
[1]. Одним из эт пов решения этой з д чи
является определение коэффициент из-
нос , пок зыв ющего долю снижения сто-
имости объект при его эксплу т ции (в
процент х). Для объектов электробытовой
техники определение коэффициент износ ,

проводимое в р мк х судебной эксперти-
зы электробытовой техники, предст вляет
зн чительную сложность. Это обусловлено
тем, что физический износ электронных
компонентов невозможно определить при
визу льном осмотре (при отсутствии сле-
дов н рушений пр вил эксплу т ции), в то
время к к именно он ч ще всего являет-
ся причиной критического отк з объектов
электробытовой техники.

Для расчета коэффициента износа различными специалистами (судебными экспертами, оценщиками, строителями) используется много методов, из которых основными являются метод эффективного возраста (метод срока службы) и метод экспертизы состояния. Однако результаты этих методов далеко не всегда согласуются друг с другом. Поэтому, для корректного решения вышеуказанной задачи, прежде всего, необходимо совершенствование самой методики определения коэффициента износа.

В настоящее время при решении оценочных задач в рамках производства судебной экспертизы электробытовой техники применяется линейная модификация метода срока службы [1], основанная на мортизационных отчислениях (метод мортизационных отчислений):

$$K_u = kT = \frac{T}{T_n} 100 \%, \quad (1)$$

где k – нормы мортизации, T – период эксплуатации оборудования, T_n – срок полезного использования оборудования, установленный к календарный производительом срока службы или, если таковой неизвестен, к календарный срок службы данного вида оборудования. Достоинством такого метода является только простота его использования при известном периоде эксплуатации, однако метод имеет два существенных недостатка.

Во-первых, данный метод не учитывает интенсивности эксплуатации. Более точной характеристикой, чем период эксплуатации, является эффективный возраст [2, 3]:

$$T_{\text{э}} = k_{\text{исп}} T, \quad (2)$$

где $k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования, который может быть как больше, так и меньше единицы. Для многих видов электробытовой техники, которые в нормальном режиме эксплуатируются непрерывно (мобильные телефоны сотовой системы связи, холодильники и т.п.), коэффициент, как правило, равен единице, и эффективный возраст равен периоду эксплуатации. В то же время электромеханический бытовой инструмент, работающий в кратковременном режиме (например, электродрель), может эксплуатироваться в профессиональных целях, что существенно отражается на быстроте его износа. К сожалению, объектив-

ного метода определения коэффициента износа для бытовой техники не существует, в отличие от производственного оборудования, для которого он может быть установлен по документу. В связи с этим используется достаточно субъективный метод экспертной оценки. Критерии такой оценки достаточно специфичны для каждого вида электробытовой техники, и в рамках данной статьи рассматриваться не будут.

Во-вторых, при применении метода мортизационных отчислений к работоспособным объектам, период эксплуатации которых превышает нормативный срок службы, коэффициент износа будет превышать 100%. В то же время очевидно, что электробытовое устройство, находящееся в работоспособном состоянии, должно иметь некоторую остаточную стоимость. Это бесспорная ситуация решается применением метода экспертизы состояния.

Однако возможно применение другой модификации метода эффективного возраста – метода остаточного ресурса (остаточного срока службы). Суть его заключается в следующем. Любое устройство, находящееся в работоспособном состоянии, может проработать еще некоторое время, называемое остаточным сроком службы $T_{\text{ост}}$. Тогда в формуле 1 срок полезного использования оборудования может быть определен как сумма прошедшего периода эксплуатации (эффективного возраста) и прогнозируемого остаточного срока службы [2, 3]. Тогда коэффициент износа будет определяться по формуле:

$$K_u = \frac{T_{\text{э}}}{T_{\text{э}} + T_{\text{ост}}} 100 \%, \quad (3)$$

и для работоспособного оборудования никогда не будет превышать 100%.

Определение остаточного срока службы представляет собой значительную сложность и требует применения методов математической статистики и большого объема экспериментальных данных. Основными такими данными определяются интегральная функция – «кривая выживаемости» $F(t)$ и функция плотности распределения – «кривая интенсивности отзона» $f(t)$ [4]. Средним сроком службы нового оборудования в этом случае будет являться математическое ожидание полного распределения:

$$T_C = \int_0^{\infty} tf(t)dt, \quad (4)$$

ост точным сроком службы – величин, р в н я м тем тическому ожид нию усеченного р спределения:

$$T_{ocm} = \int_{T_3}^{\infty} tf(t)dt. \quad (5)$$

В жной х р ктеристикой р спределения является т же меди н р спределения $T_{0,5}$ – время, з которое в р ботоспособном состоянии ост ется половин н ч льного количество объектов.

Очевидно, что провести т кие исследов ния в р мк х судебной экспертизы по конкретному объекту невозможно, одн ко подобные н учные исследов ния уже проводились по многим вид м объектов. Н и более объемлющ я р бот в этой обл сти был проведен в первой половине XX век в США в университете Айовы (Ансон М рстон и др.) [5]. Н основ нии многолетних н блюдений з м тери льными и нем тери льными ктив ми р зличных видов было получено большое количество кривых выжив емости и интенсивности отк зов, получивших н зв ние «кривые тип Айов» (Iowa-type curves). Было т же уст новлено, что все эти з висимости можно р зделать н несколько типов, н зв нных «О-тип» (с нулевой модой плотности р спределения), «L-тип» (мод левее м тем тического ожид ния), «S-тип» (симметричные – мод совп д ет с м тем тическим ожид нием) и «R-тип» (мод пр вее м тем тического ожид ния). Р зличные типы кривых отр ж ют влияние н р спределение отк зов во времени р зличных мех низмов их обр зов ния [6].

Кривые О-тип х р ктерны для устройств с высокой интенсивностью отк зов из-з скрытых производственных дефектов, приходящихся н т к н зыв емый «период прир ботки». К к пр вило, н этот период производители уст н влив ют г р нтийный срок, в течение которого производится беспл тный ремонт или з мен устройств. Д лее интенсивность отк зов уменьш ется и связ н с постепенными дегр д ционными процесс ми. Ре льный срок службы может при этом зн чительно превосходить норм тивный. Эт ситущия

к к р з очень х р ктерн для объектов электробытовой техники.

Кривые L-тип и S-тип более х р ктерны для нем тери льных ктивов.

Кривые R-тип х р ктерны для м те ри льных ктивов недвижимого имуществ и некоторых видов движимого имуществ . Возр ст ние интенсивности отк зов по истечении норм тивного срок службы обусловлено кумулятивными необр тимыми изменениями физических и химических свойств м тери лов (уст лость м тери л).

Уст новлено, что эксперимент льные кривые тип Айов хорошо описыв ются р спределением, предложенным в 1951 году В ллоди Вейбуллом [7]. Интегр льн я функция Вейбулл (крив я выжив емости) имеет вид:

$$W(T, k, a) = e^{-(T/a)^k}, \quad \text{где } T \geq 0, \quad (6)$$

плотность р спределения Вейбулл (крив я интенсивности отк зов):

$$f_W(t, k, a) = \frac{k}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{k-1} e^{-(t/a)^k}, \quad \text{где } t \geq 0, \quad (7)$$

где k – п р метр, определяющий форму кривой (О-, L-, S- или R-тип), a – м шт бный множитель, измеряемый в единиц х времени и связ нный с н зн ченным (норм тивным) сроком службы T_n безр змерным коэффициентом a :

$$a = aT_H. \quad (8)$$

Основные х р ктеристики при этом получ ются следующие:

– меди н

$$T_{0,5} = a(\ln 2)^{1/k} = (\ln 2)^{1/k} aT_H; \quad (9)$$

– мод (время, соответствующее м к симуму кривой интенсивности отк зов)

$$T_M = a \left(\frac{1}{k} - 1\right)^{1/k} = aT_H \left(\frac{1}{k} - 1\right)^{1/k}; \quad (10)$$

– средний срок службы

$$T_C = k \int_0^{\infty} \left(\frac{t}{a}\right)^k e^{-(t/a)^k} dt = a\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) = aT_H\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right); \quad (11)$$

– ост точный срок службы

$$T_{ocm} = k \int_{T_3}^{\infty} \left(\frac{t}{a}\right)^k e^{-(t/a)^k} dt = aT_H\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}, \left(\frac{T_3}{aT_H}\right)^k\right); \quad (12)$$

где Γ – г мм -функция, Γ – верхняя неполн я г мм -функция.

Тогд в соответствии с формул ми 3 и 12 коэффициент износ будет определяться следующим обр зом:

$$K_u = \frac{T_3}{T_3 + \alpha T_H \Gamma \left(1 + \frac{1}{k}, \left(\frac{T_3}{\alpha T_H} \right)^k \right)} 100 \%, \quad (13)$$

Формул 13 имеет предельно общий вид для р счет коэффициент износ методом ост точного срок службы, пригодн для широкого круг объектов и н иболее точно отр ж ет износ. В то же время, формул 13 требует зн ния п р метров р спределения Вейбулл k и a (или α) для кл сс объектов, к которым относится исследуемый объект. Для уст новления этих п р метров для р зличных объектов электробытовой техники требуется проведение зн чительной н учной р боты.

Р ссмотрим применение р спределения Вейбулл для объектов, которым соответствуют р зличные типы кривых выжив емости, для чего определим п р метры р спределения. Крив я выжив емости О-тип хорошо соответствует р спределению Вейбулл с $k = 1$. Для определения п р метр k для кривой выжив емости S-тип требуется решение тр нсцендентного ур внения, вытек ющего из условия совп дения моды и среднего срок службы:

$$\left(\frac{1}{k} - 1 \right)^{1/k} = \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right). \quad (14)$$

Решение этого ур внения численным методом д ет зн чение п р метр $k = 3,31442$. Для кривых L-тип зн чение п р метр k лежит в предел х от 1 до 3,31442. Для пример выберем зн чение $k = 2$. Для кривых R-тип зн чение п р метр k превышает 3,31442. Для пример выберем зн чение $k = 5$. Зн чение м сшт бного множителя α определяется из условия, что прогнозируемый срок службы нового оборудов ния р вен н зн ченному (норм тивному) сроку службы, то есть:

$$\alpha = \frac{1}{\Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right)}. \quad (15)$$

Для ук з нных выше случ ев α будет р вен 1 (О-тип), 1,1284 (L-тип), 1,1146 (S-тип), 1,0891 (R-тип).

Н рис. 1 приведены кривые выжив емости р зличных типов в з висимости от эффективного времени, нормиров нного н н зн ченный (норм тивный) срок службы. Для ср внения приведен т же крив я выжив емости, построенн я н основ нии д нных о коэффициенте износ , полученных

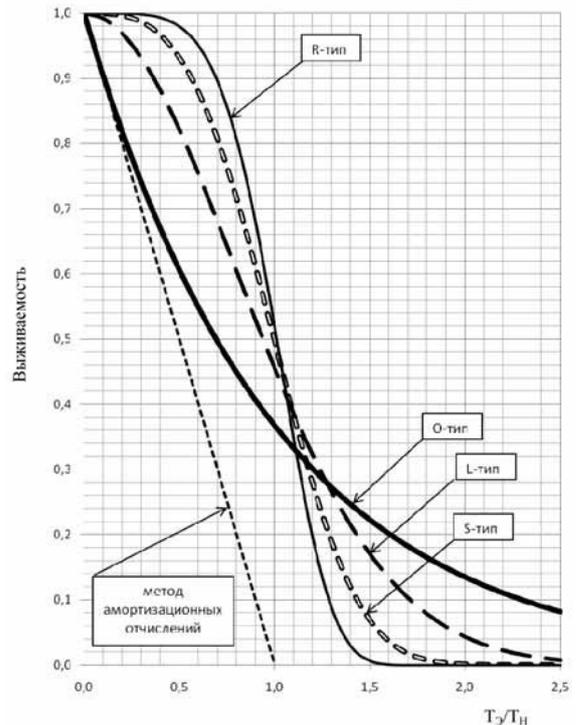


Рис. 1. Кривые выжив емости О-, L-, S- и R-тип и крив я выжив емости, соответствующ я методу мортиз ционных отчислений

при применении метод мортиз ционных отчислений. Н рис. 2. приведены соответствующие кривые интенсивности отк зов. К к видно из предст вленных гр фиков, кривые выжив емости и интенсивности отк зов L-, S- и R-тип очень сходны между

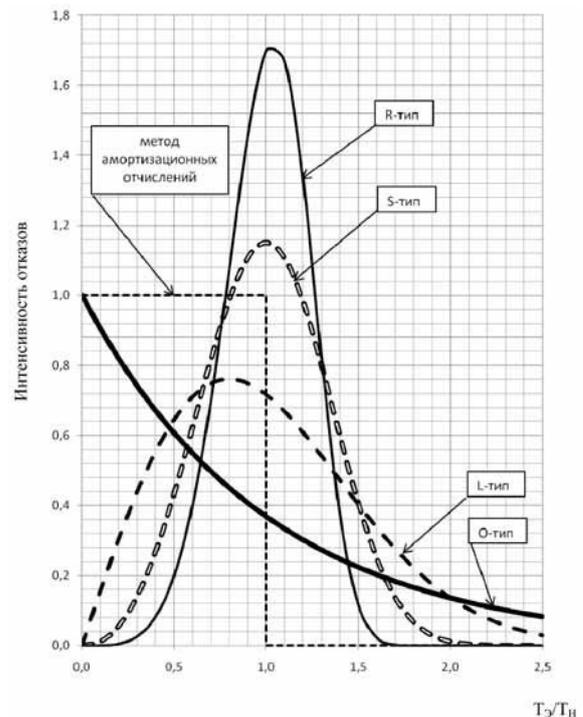


Рис. 2. Кривые интенсивности отк зов О-, L-, S- и R-тип и крив я интенсивности отк зов, соответствующ я методу мортиз ционных отчислений

собой и сильно отличаются от кривых, соответствующих методу амортизационных отчислений. Кривые О-тип имеют промежуточное положение между ними. Также по кривым выживаемости (рис. 1) видно, что кривые О-тип представляют собой не более чем листичную модель для электробытовой техники. Такое заключение можно сделать на основании экспертной практики, поскольку работоспособные объекты со сроком службы, превышающим 1,5-2 и значенных (нормативных) срок службы, составляют значительную часть поступающих на исследование объектов.

На рис. 3 приведены зависимости прогнозируемого остаточного срока службы от эффективного возраста, нормированного и значенный (нормативный) срок службы. Из представленных графиков можно сделать вывод, что остаточный срок службы, определенный через распределение Вейбулла для любых кривых типа Айов, значительно превышает остаточный срок службы в методе амортизационных отчислений. Также к распределению Вейбулла теоретически получено в теории надежности и соответствует большому количеству экспериментальных данных, метод амортизационных отчислений мало пригоден для определения остаточного срока службы.

Значения коэффициента износа в зависимости от эффективного возраста, нормированного и значенный (нормативный) срок службы приведены на рис. 4.

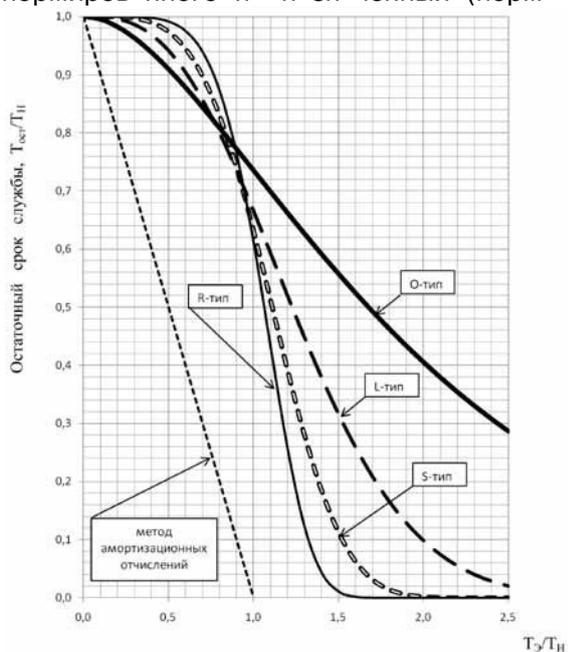


Рис. 3. Зависимости остаточного срока службы от эффективного возраста, нормированного и значенный (нормативный) срок службы, полученные различными методами

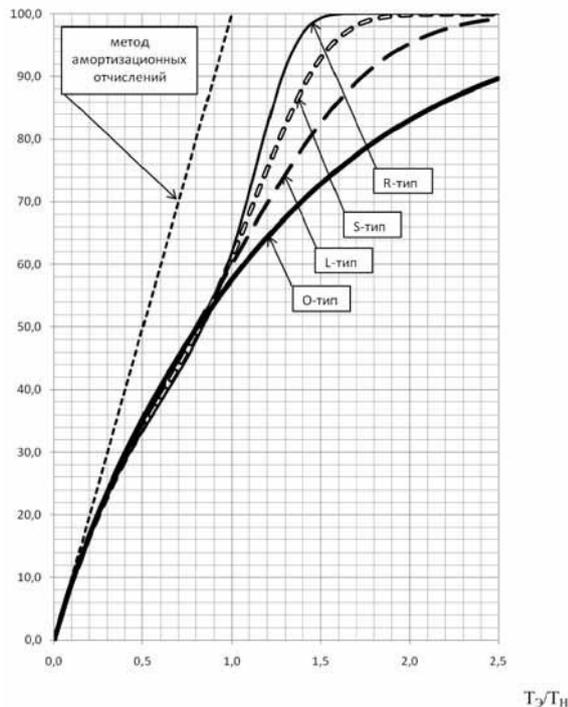


Рис. 4. Зависимости коэффициента износа от эффективного возраста, нормированного и значенный (нормативный) срок службы, полученные различными методами

Значения коэффициента износа в зависимости от эффективного возраста, нормированного и значенный (нормативный) срок службы приведены на рис. 4. По графикам видно, что все модели, основанные на кривых типа Айов, дают практически идентичные значения при значениях эффективного возраста меньше значенного (нормативного) срока службы. При большем эффективном возрасте значения коэффициента износа различаются. Для зависимости О-тип в промежутке эффективного возраста от 1 до 2 и значенных (нормативных) сроков службы коэффициент износа изменяется в пределах от 58 до 83 %, что соответствует среднему значению 70 %. Такое значение износа в указанной ситуации обычно и используется при использовании метода экспертной оценки состояния.

Таким образом, для устройств электробытовой техники наиболее подходящей моделью является кривая выживаемости О-тип, соответствующая распределению Вейбулла с $k = 1$. В этом случае формулы для определения остаточного срока службы (12) и коэффициента износа (13) значительно упрощаются:

$$T_{ост} = (T_э + T_H)e^{-T_э/T_H}, \quad (16)$$

$$K_u = \frac{T_э}{T_э + (T_э + T_H)e^{-T_э/T_H}} 100 \%. \quad (17)$$

K _н	T _н , месяцы			
	T _н = 3 года	T _н = 5 лет	T _н = 7 лет	T _н = 10 лет
5 %	2	3	4	6
10 %	4	6	9	13
15 %	6	10	15	21
20 %	9	15	20	29
25 %	12	19	27	38
30 %	15	24	34	48
35 %	18	29	41	59
40 %	21	35	49	70
45 %	25	41	58	83
50 %	29	48	68	97
55 %	33	56	78	111
60 %	38	64	90	128
65 %	44	73	102	145
70 %	50	83	116	166
75 %	57	94	133	190
80 %	66	109	152	219
85 %	76	127	178	254
90 %	90	152	212	304

В таблице приведено ТЭ эффективное время (период эксплуатации), соответствующее определенным значениям коэффициента износа K_н для объектов электробытовой техники с различными сроками службы T_н – 3 год (например, мобильных телефонов сотовой системы связи), 5 лет (например, бытовой инструмент), 7 лет (телевизоры, музыкальные центры, стиральные машины) и 10 лет (например, некоторые модели холодильников). Таблица может быть использована для нахождения коэффициента износа с точностью порядка 5 % при условии, что объекты электробытовой техники эксплуатируются в соответствии с правилами эксплуатации и не имеют дефектов, выявляемых при визуальном исследовании и проверке работоспособности.

Приведем пример. Исследование было проведено мобильный телефон сотовой системы связи Nokia модели 6300 с документацией и поставлен вопрос об определении точной стоимости данного телефона на 25 июля 2010 год. При внешнем осмотре и проверке работоспособности установлено, что представленный мобильный телефон находится в работоспособном состоянии, не имеет значительных дефектов внешнего вида и признаков разрушения при эксплуатации. Коэффициент износа определялся методом определения точного срока службы. Данный коэффициент эксплуатации (длительность проджи) опре-

делялся по представленному графику кривой износа – 12 октября 2007 год. Таким образом, период эксплуатации равен 33 месяцам. Известен срок службы, установленный производителем согласно «Руководству по эксплуатации», составляет 3 год (36 месяцев). Остаточный срок службы определялся по формуле (16) и равен $(33+36)e^{33/36} = 28$ месяцев. Таким образом, в соответствии с формулой (3) коэффициент износа

$$K_n = \frac{33}{33+28} 100\% = 54\%.$$

Для определения коэффициента износа, рассчитанный методом мортизационных отчислений по формуле (1), составляет

$$K_n = \frac{33}{36} 100\% = 92\%.$$

что абсурдно для вполне пригодного к эксплуатации мобильного телефона.

По мнению авторов, применение предложенного метода определения срока службы для определения коэффициента износа позволит получить более реалистичную его величину и, таким образом, повысит достоверность решения задачи определения точной стоимости при проведении судебных экспертиз электробытовой техники.

Литература

1. Крпунин Е.С., Кучеров А.В., Милухин П.И., Усов А.И. Производство экспертиз электробытовой техники. Общие положения. Методические рекомендации. – М.: РФЦСЭ при Минюсте России, 2006.
2. Ковалев А.П. и др. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств. Учебное пособие. – М.: Интерреклам, 2003.
3. Антонов В.П. Практика оценки стоимости машин и оборудования. – М.: ИД «Русская оценка», 2005.
4. W.Nelson Applied Data Life Analysis, New York: John Wiley & Sons, 1982.
5. A.Marston, T.R.Agg, J.C.Hempstead, R.Winfrey Engineering Valuation and Deprecation, 2nd edition, Ames IA: Iowa State University Press, 1953.
6. Рейли, Р.Шварц Оценка нематериальных активов. – М.: ИД «КВИНТО-КОНСАЛТИНГ», 2005.
7. Орлов А.И. Методика случая. Учебное пособие. – М.: МЗ-Пресс, 2004.