

Оценка эффективности производственных и инфраструктурных подсистем

Оценка обесценения машин и оборудования с учетом положений систем национальных счетов

С.А. Смоляк

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Центральный экономико-математический институт Российской академии наук». г. Москва, Россия

Аннотация. Предложена модель для оценки стоимости подержанных машин. Она учитывает требования стандартов оценки, сведения о долговечности машин и использует метод, применяемый в системах национальных счетов. Стоимость машины определяется суммой дисконтированных выгод от их последующего рационального использования. При этом срок службы машины имеет распределение Вейбулла, а динамика приносимых ею выгод описывается гиперболической зависимостью, как это и принято в системе национальных счетов России и некоторых других стран. В целях практического применения машины разделены на классы. Для каждого класса приведены таблицы и графики зависимости стоимости машин от возраста.

Ключевые слова: машины, оборудование, стоимостная оценка, обесценение, затратный подход, доходный подход, выгоды, срок службы, распределение Вейбулла, национальные счета.

DOI: 10.14357/20790279210105

1. Постановка задачи

Рассматривается задача оценки рыночной стоимости (далее – стоимости) подержанных машин и оборудования (далее – машин). Обычно для ее решения используется так называемый затратный подход. При этом цена машины оценивается на базе стоимости аналогичной новой (возраста 0 лет) машины на ту же дату оценки. Разность между стоимостями новой и подержанной машины именуется обесценением (depreciation, в ряде источников – «физическим износом» или «износом»), отношение стоимости подержанной машины к стоимости новой – коэффициентом или процентом годности (Percent Good Factor), или относительной стоимостью, отношение обесценения к стоимости

новой машины – коэффициентом или процентом обесценения [1,4].

Во многих случаях при стоимостной оценке подержанных машин и оборудования о них известны только марка (модель, модификация) и возраст. Поскольку у разных машин одного возраста процесс эксплуатации протекает по-разному, то их стоимости существенно различаются. В такой ситуации можно опираться только на зависимость средней стоимости машин от возраста (по сути, регрессионную). Соответственно, в такой ситуации используются и зависящие от возраста средние коэффициенты годности или обесценения. Для их определения оценщики обычно используют различные формулы или таблицы. Условно их можно

разделить на две группы.

Формулы первой группы получены на основе регрессионных зависимостей цен машин от возраста (см. [10,14]). Однако для каждой марки машин требуются свои формулы, а вся совокупность машин и оборудования ими не покрывается. Кроме того, во многих случаях вид (спецификация) зависимостей не обосновывается ни техническими, ни экономическими соображениями.

Ко второй группе относятся формулы, претендующие на универсальность. Но и здесь предлагаемые зависимости должным образом не обоснованы. Приведем лишь один пример. В так называемом линейном методе [3] обесценение машины предлагается оценить отношением ее возраста к сроку службы. Мотивируется это тем, что ухудшение технического состояния машины происходит равномерно. Между тем, наблюдения за процессом физического износа узлов и деталей машин свидетельствуют о неравномерности этого процесса. К тому же из равномерности ухудшения технических характеристик машины с возрастом отнюдь не следует равномерность снижения ее стоимости. Чтобы как-то исправить положение и одновременно учесть вероятностный характер срока службы, было предложено «уточнить» линейный метод, определяя обесценение машины отношением ее возраста к сумме возраста со средним остаточным сроком ее службы [4, пп. 6.2.1 и 6.2.2]. К сожалению, такой прием некорректен – среднее значение дроби не равно отношению средних величин числителя и знаменателя. В то же время, установить динамику изменения стоимости машины с возрастом оказывается невозможным без использования информации о сроке ее службы. Поэтому далее мы будем считать известным средний срок службы машины.

Представляется, что более обоснованные зависимости средних коэффициентов годности и обесценения можно установить, опираясь на результаты, полученные в смежных научных дисциплинах. Мы предлагаем использовать в этих целях выявленные в теории надежности законы вероятностного распределения срока службы машин, а также методы, используемые в системах национальных счетов для определения так называемого потребления основного капитала (по существу, обесценения капитальных активов). В данной статье предлагается использовать положения соответствующих теорий для определения обесценения машин. Это позволяет учесть деградацию машин в процессе использования, приводящую к снижению ее производительности и росту операционных затрат.

2. Математическая модель оценки стоимости подержанной машины

При оценке стоимости машин в системах национальных счетов (СНС) объектом рассмотрения является не отдельная машина, а группа аналогичных машин разного возраста. Обычно такой группой являются машины и оборудование, используемые в одном и том же виде деятельности (отрасли экономики). Принимается, что все машины используются по назначению и рационально в течение своего (экономического) срока службы, т.е. до момента, когда дальнейшее использование станет технически невозможным, недопустимым или экономически неэффективным. Сроки службы машин одной группы рассматриваются как случайные, имеющие известное вероятностное распределение. Для определения обесценения машин используется доходный подход [6,9].

В нашем случае при построении модели обесценения машин мы также будем опираться на доходный подход. Однако в одну группу мы объединим машины одной марки (модели, модификации), и далее термин «машина» будет относиться только к машинам этой группы. Стоимость машины в конце срока ее службы называется утилизационной. Обычно она невелика и составляет 3-10% от стоимости аналогичной новой машины (в СНС она принимается нулевой).

При использовании доходного подхода к оценке машины основной ее характеристикой в некотором периоде становятся приносимые ей выгоды¹. Сумма выгод, приносимых машиной за период, при этом отражает:

- чистый операционный доход, т.е. стоимость продукции, производимой активом в этом периоде, за вычетом затрат на это производство (именно так понимаются выгоды в [2]);
- рыночную плату за аренду актива на этот период за вычетом затрат арендодателя или, что то же, рыночную арендную стоимость актива (именно так понимаются выгоды в [9]);
- приходящуюся на актив часть чистого дохода, владеющего машиной предприятия, за период.

Однако, используя только рыночные данные, непосредственно измерить указанными способами выгоды от использования машины в каком-либо периоде обычно невозможно (по этой причине мы используем термин «выгоды», а не «чистый доход» или «денежный поток», которые обычно обозначают показатели, подтверждаемые рыночными данными). Тем не менее, невозможность прямо подтвердить рыночными данными размер прино-

¹ В СНС выгоды именуется услугами (вложенного в актив) капитала.

симых машиной выгод не означает, что его вообще нельзя оценить.

Для сравнения укажем, что рыночными данными непосредственно нельзя подтвердить и стоимость новой машины, если они на дату оценки на рынке отсутствуют – в таких случаях для используются другие методы, например, сведения о ценах машин других марок.

Доходный подход к оценке машин базируется на упоминаемом в [1] общем принципе ожидания выгод, который можно сформулировать так [11].

Стоимость актива не превосходит суммы дисконтированных выгод от его использования в некотором периоде и стоимости того же актива в конце периода, и совпадает с этой суммой, если актив используется экономически рационально.

Применяя этот принцип, можно получить, что выгоды, приносимые капитальным активом в некотором периоде, могут быть определены как сумма обесценения актива за этот период и процента на капитал, исчисленного по рыночной ставке дисконтирования от рыночной стоимости актива [9, раздел 20].

Действительно, если актив используется по назначению в некотором периоде, то его стоимости (выраженные в неизменных ценах) C_n и C_k в начале и конце периода будут связаны следующим равенством:

$$C_n = \frac{B + C_k}{1 + E}, \quad (1)$$

где B – приносимые активом выгоды за период, E – реальная, т.е. не учитывающая инфляцию ставка дисконтирования за период.

Из равенства (1) следует, что

$$B = (C_n - C_k) + EC_n. \quad (2)$$

При этом первый член суммы отражает обесценение актива (уменьшение его рыночной стоимости за период), а второй – процент на капитал.

Учитывая, что процесс деградации машины на протяжении срока ее службы происходит непрерывно, состояние машины в некоторый момент времени мы характеризуем интенсивностью приносимых ею выгод – размером выгод от ее использования в течение малой единицы времени. Соответственно, используемая в модели ставка дисконтирования, будет относиться к непрерывному времени – эту ставку мы обозначим через r .

Из (2) следует, что у любой машины до окончания экономического срока службы интенсивность приносимых машиной выгод будет не меньше, чем произведение rU ставки дисконтирования (в непрерывном времени) на утилизационную сто-

имость машины² (U). Однако если использовать машину по назначению в течение малой единицы времени за пределами экономического срока службы, это будет неэффективно, и в формуле (2) знак равенства заменится на «>». А тогда интенсивность приносимых машиной выгод окажется меньше произведения rU . Поэтому к концу экономического срока службы выгоды, приносимые машиной в малую единицу времени, снижаются до уровня rU . В частности, при нулевой утилизационной стоимости они будут снижаться до нуля. Именно такое допущение ($U=0$) делается при оценке активов в СНС [6,9], при оценке машин и оборудования для налогообложения в США [16] и при определении срока полезного использования активов в МСФО.

Строго говоря, динамика приносимых реальными активами выгод определяется процессом деградации машины, однако такие процессы изучены недостаточно и не для всех видов машин. Не удается надежно установить эту динамику и по данным наблюдений за отдельными машинами. Во всех известных методиках она описывается коэффициентами b уменьшения выгод, зависящими от возраста актива (t) и срока его службы³ (T). В большинстве методик эти коэффициенты выражаются функциями от относительного возраста $\tau=t/T$ – отношения возраста к сроку службы. Выяснить, как влияет возраст машины на ее стоимость, можно только, сделав определенные допущения о виде этих функций. При этом, как и в [9, п. 20.20], мы считаем, что допущения относительно снижения выгод с возрастом приводят к лучшим результатам при оценке стоимости и обесценения активов, чем допущения относительно темпов снижения стоимости с возрастом.

В [5,16] принимается, что на протяжении экономического срока службы машина приносит неизменные выгоды в каждую единицу времени: $b(\tau)=1$ при всех $\tau<1$. Однако такое допущение не согласуется с фактическими данными о производительности и операционных затратах машин разного возраста.

В [9] указываются и другие виды зависимостей, более адекватно описывающих процесс ухудшения технического состояния машин с возрастом. Так, в системе национальных счетов США, по существу, используется экспоненциальная зависимость коэффициента изменения выгод от относительного возраста:

² Это произведение отражает упущенную за малую единицу времени выгоду от утилизации машины. Действительно, если отложить утилизацию машины на малое время dt , упущенная выгода от этого составит $(1-rdt)U-U=-rUdt$ или rU за единицу времени.

³ В системе национальных счетов зависимость этих коэффициентов от возраста именуется профилем возраст-эффективность (Age-Efficiency Profile).

$$b(\tau) = e^{-\alpha\tau}. \quad (3)$$

Такая же зависимость использована и в [7,12].

В России [6], Австралии, Новой Зеландии, Бельгии и ряде других стран принимается гиперболическая зависимость этого коэффициента от возраста (t) и срока службы (T) или, что то же самое – от относительного возраста $\tau = t/T$:

$$b(\tau) = \frac{T-t}{T-0,5t} = \frac{1-\tau}{1-0,5\tau}. \quad (4)$$

Используя ту или иную динамику изменения выгод, для расчета обесценения машин определенной группы устанавливают зависимость стоимости машин от возраста (в СНС модель возраст-стоимость, Age-Price Profile), выражаемую коэффициентами относительной стоимости (по терминологии [4]; в [11–13] коэффициенты годности; при оценке активов для налогообложения в США [15,16] – проценты годности, Percent Good Factors). Коэффициенты относительной стоимости и обесценения для группы машин рассчитываются в следующем порядке.

1. Для машин группы задаются среднее значение и коэффициент вариации срока службы.
2. Задается зависимость $b(\tau)$ коэффициента изменения выгод от относительного возраста.
3. Для каждого возможного значения срока службы (T) выполняются следующие расчеты:
 - интенсивность выгод от использования машины в начале эксплуатации условно принимается равной 1. В таких (условных) единицах интенсивность выгод, приносимых машиной возраста t , составит $b(t/T)$;
 - для каждого $t \leq T$ находится сумма дисконтированных (к дате оценки) выгод от последующего использования машины, имеющей возраст t на дату оценки. Эта сумма, по существу, отражает стоимость (в принятых условных единицах) машины возраста t при условии, что срок ее службы (T) задан.
4. Построенные зависимости (условных) стоимостей машин от возраста усредняются, при этом в качестве весов используются вероятности соответствующих сроков службы (T). Такой расчет позволяет получить ожидаемые (средние) стоимости машин каждого возраста в принятых условных единицах.
5. Для каждого возраста t определяется относительная стоимость машины $k(t)$ путем деления найденных на шаге 4 стоимостей на стоимость новой (возраста 0) машины.
6. Коэффициенты $i(t)$ обесценения (износа) определяются как дополнение относительных стоимостей до 1: $i(t) = 1 - k(t)$.

Более подробно данный метод описывается в [9,16]. По существу, он использовался и в работах [5,12,13], а также в [15,16] для построения таблиц процентов годности.

Необходимо подробнее остановиться на экономическом смысле коэффициентов, найденных указанным способом. Дело в том, что сроки службы машин одной марки – случайные, так что машины одного возраста могут находиться в разном техническом состоянии и иметь разную стоимость. В этой ситуации само понятие стоимости машин определенного возраста теряет смысл. Однако изложенный алгоритм позволяет определять среднюю стоимость машин соответствующего возраста, так что найденные значения $k(t)$ являются средними, отражающими отношение средней стоимости машин соответствующего возраста к стоимости новой (возраста 0 лет) машины. Если бы на рынке было представлено достаточно много машин возраста t , значения $k(t)$ можно было бы найти, рассчитав их среднюю стоимость. При не слишком большом объеме выборки те же коэффициенты можно найти, построив регрессионную зависимость цен машин от их возраста. Именно так обычно и проверяется практическая пригодность различных моделей обесценения.

Заметим теперь, что изложенный алгоритм ориентирован на оценку машин с нулевой утилизационной стоимостью. В общем же случае (см. Раздел 5) величина D обесценения машины находится применением того же коэффициента обесценения $i(t)$ к стоимости новой машины за вычетом ее утилизационной стоимости (эта разность в МСФО именуется амортизируемой суммой), а рыночная стоимость – как разность между стоимостью новой машины (стоимостью воспроизводства) C_0 и обесценением:

$$\begin{aligned} D(T) &= (C_0 - U)i(T), \\ C(T) &= C_0 - I(T) = (C_0 - U)k(T) + U. \end{aligned} \quad (5)$$

3. Модели долговечности машин

Как видно из изложенного выше, для оценки обесценения машин надо знать вероятностное распределение (экономических) сроков их службы. В СНС принимается, что оно одно и то же для всех машин одной группы. В нашем случае, когда группа образована машинами одной марки, такое предположение будет значительно более естественным.

Распределения сроков службы машин разных марок и их отдельных элементов (узлов, агрегатов) изучались многими авторами. Полу-

ченные ими результаты базировались либо на данных ускоренных испытаний на надежность, либо на сведениях о возрасте выбывающих из эксплуатации машин. К сожалению, прямо воспользоваться этими результатами затруднительно по ряду причин:

- Данные из разных источников относятся к разным (и не обязательно – типичным) условиям эксплуатации машин.
- В разных источниках марочный состав машин одной и той же группы различается. Из-за этого отличаются (и порой – достаточно сильно) и средние значения и коэффициенты вариации сроков службы машин.

В таком случае приходится ориентироваться на мнения технических специалистов. Однако сроки службы машин они измеряют не календарным временем, а наработкой.

Анализ работ по надежности машин показывает, что в большинстве случаев распределение наблюдаемых сроков службы описывается распределением Вейбулла или логнормальным с коэффициентами вариации, лежащими, в основном, между 0,2 и 0,8 [8,18].

В система национальных счетов разных стран используются разные вероятностные распределения сроков службы [19]:

- Россия, Бельгия, Кипр, Латвия, Франция, Чехия – логнормальное,
- Германия – гамма-распределение,
- Нидерланды и Финляндия – распределение Вейбулла,
- Австралия, Дания и Чили – более сложные распределения Winfrey [17].

При этом коэффициенты вариации сроков службы в этих распределениях лежат, в основном, в пределах от 0,25 до 0,7.

В то же время данные наблюдений показывают, что у подержанных машин (но не их отдельных элементов) остаточные сроки службы с увеличением возраста убывают. Иными словами, чем старше машина, тем меньше будет в среднем остаточный срок ее службы. Таким свойством обладают распределения с достаточно легкими хвостами, но не экспоненциальное и, тем более, логнормальное распределение. Что же касается гамма-распределения, то здесь с увеличением возраста остаточный срок службы будет уменьшаться, но довольно медленно. Это дает основания ориентироваться при оценке машин именно на распределение Вейбулла, используемое в системах национальных счетов России, Финляндии и некоторых других стран. Обычно оно характеризуется параметром формы β и параметром мас-

штаба N . Функция распределения, плотность распределения и функция надежности в этом случае имеют вид:

$$F(x) = 1 - e^{-(x/N)^\beta}, \quad p(x) = \beta(x/N)^{\beta-1} e^{-(x/N)^\beta}, \quad (6)$$

$$P(x) = 1 - F(x) = e^{-(x/N)^\beta}.$$

Важные для стоимостной оценки параметры – среднее значение (S) и коэффициент вариации срока службы (v) выражаются через β и N с помощью гамма-функции:

$$S = N\Gamma(1+1/\beta),$$

$$v = \sqrt{\Gamma(1+2/\beta)/\Gamma^2(1+1/\beta)} - 1. \quad (7)$$

Для определения среднего срока службы машин конкретных марок обычно имеется необходимая информация – установленные, назначенные (производителем), гамма-процентные и нормативные сроки службы, а также экспертные оценки, позволяющие «пересчитать» эти сроки в средние [4].

Основные трудности возникают при установлении коэффициента вариации. Они связаны с тем, что для многих марок машин эти коэффициенты еще никем не определены, а для машин одного вида, но разных марок или используемых в разных странах, их значения сильно различаются. Между тем, оценщикам приходится оценивать машины совершенно различного назначения. Для этого им необходимы более конкретные рекомендации, позволяющие приблизительно оценить значения коэффициента вариации машины, опираясь на общие сведения о ее технических характеристиках и требованиях к условиям эксплуатации.

Анализ имеющихся данных о значениях этого коэффициента для различных видов и марок машин позволяет с определенной условностью разделить машины и оборудование на три класса, различающиеся значениями коэффициента вариации (v).

Первый класс включает машины, к чьей надежности и срокам службы предъявляются повышенные требования. Это машины, достаточно сложные по конструкции, высокого качества изготовления, предназначенные для работы в стабильных условиях, с установленными производителем сроками службы, либо производимые малыми сериями или в единичных экземплярах, ремонт которых обходится слишком дорого или практически невозможен. Установленные в технической документации сроки службы таких машин можно рассматривать как 90%-ые, а фактические сроки их

службы лежат в довольно узких пределах. Для таких машин $v=0,22-0,38$, и в среднем здесь можно принять $v=0,3$.

Второй класс включает машины, к надежности которых предъявляются повышенные требования, но сроки службы которых особо не регламентируются и могут неоднократно продлеваться. Сюда относятся машины, условия эксплуатации которых могут меняться в широких пределах, а также предназначенные для работы в стабильных условиях, к качеству изготовления которых не предъявляется особых требований. Для таких машин $v=0,38-0,55$, и в среднем здесь можно принять $v=0,47$.

Третий класс включает машины и оборудование, к надежности и срокам службы которых не предъявляются какие-то особые требования. В основном, это машины, сравнительно простые по конструкции, производимые большими сериями и достаточно легко ремонтируемые. Их надежность мало меняется с возрастом. В принципе, их работоспособность можно восстанавливать много раз, поэтому фактические сроки их службы могут меняться в достаточно широких пределах. Для таких машин $v=0,55-0,8$, и в среднем здесь можно принять $v=0,65$.

4. Модель обесценения машин

В этом разделе мы будем строить зависимость, отражающую изменение стоимости машины с возрастом. При этом будет предполагаться, что машины рассматриваемой марки имеют нулевую утилизационную стоимость.

Предположим вначале, что срок службы машины (T) – детерминированная величина. Как и в Разделе 2, примем за единицу интенсивность выгод от использования машины в начале эксплуатации. Тогда интенсивность выгод, приносимых машиной возраста t , будет равна $b(t/T)$.

Связь между интенсивностью приносимых машиной выгод и ее рыночной стоимостью вытекает из принципа ожидания выгод, упоминаемого в стандартах оценки [1]. Согласно этому принципу, рыночная стоимость машины равна ожидаемой сумме дисконтированных выгод от ее использования в течение (экономического) срока службы. Это позволяет найти стоимость $C(s)$ машины возраста s :

$$C(s) = \int_s^T b(t/T) e^{-r(t-s)} dt. \quad (8)$$

Применительно к гиперболической функции b (4) это выражение можно представить в виде: $C(s)=TQ(s/T)$, где функция Q задается формулой:

$$Q(x) = \int_x^1 \frac{1-w}{1-0,5w} e^{-rT(w-x)} dw. \quad (9)$$

Учтем теперь, что срок службы машины – случайный, и у машины возраста t имеет плотность распределения $p(T)/P(t)$ на луче $T \geq t$. В таком случае (выраженная в условных единицах) стоимость машины возраста s лет определится по формуле математического ожидания:

$$C(s) = \int_s^\infty TQ\left(\frac{s}{T}\right) \frac{P(T)}{P(s)} dT.$$

Применительно к распределению Вейбулла сроков службы эта формула принимает вид:

$$C(s) = \beta N^2 R(s/N), \quad (10)$$

где функция R задается формулой:

$$R(x) = \int_x^\infty y^\beta Q\left(\frac{x}{y}\right) e^{x^\beta - y^\beta} dy. \quad (11)$$

При $s=0$ из (10) находится и стоимость новой машины: $C(0) = \beta N^2 R(0)$. Остается только учесть, что относительная стоимость машины возраста s лет $C(s)/C(0)$ не зависит от того, в каких единицах выражены стоимости. Отсюда и из (10) вытекает окончательное выражение для относительной стоимости:

$$\frac{C(s)}{C(0)} = \frac{R(s/N)}{R(0)} = h\left(\frac{s}{N}\right). \quad (12)$$

К сожалению, входящие в (9) и (11) интегралы можно рассчитать только численными методами. Для практической оценки, как уже говорилось, оценщикам необходимо знать относительные стоимости машин. Из (5) и (12) вытекает, что относительная стоимость машины k и коэффициент ее обесценения i являются следующими функциями от ее относительного возраста ($\tau = t/S$):

$$k(\tau) = h\left(\frac{S\tau}{N}\right) = h\left(\tau\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right); \quad (13)$$

$$i(\tau) = 1 - k(\tau).$$

Строго говоря, как видно из (10) и (11), k и i являются функциями не только от z , но и от произведения rN ставки дисконтирования на параметр масштаба распределения срока службы и от параметра формы β этого распределения. Однако расчеты показывают, что полученные зависимости мало зависят от rN . Для трех указанных в Разделе 3 классов машин зависимости относительных стоимостей от относительного возраста машин представлены на рис. 1 и в табл. 1.

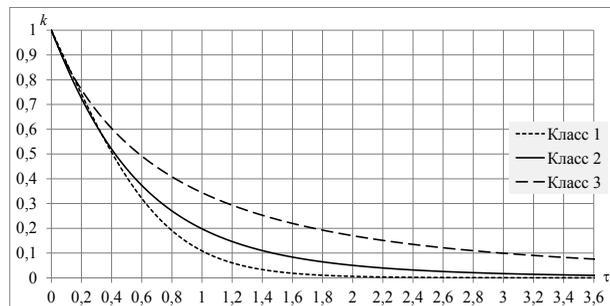


Рис. 1. Зависимость относительной стоимости машин разных классов от относительного возраста

Табл. 1

Зависимость относительной стоимости машин разных классов от относительного возраста

τ	Класс 1	Класс 2	Класс 3
0	1	1	1
0,05	0,935	0,932	0,933
0,1	0,870	0,867	0,876
0,15	0,805	0,806	0,825
0,2	0,742	0,749	0,779
0,25	0,680	0,695	0,737
0,3	0,620	0,645	0,698
0,35	0,562	0,598	0,663
0,4	0,507	0,555	0,630
0,45	0,456	0,515	0,600
0,5	0,407	0,477	0,572
0,55	0,362	0,443	0,546
0,6	0,321	0,411	0,521
0,65	0,284	0,382	0,498
0,7	0,249	0,355	0,477
0,75	0,219	0,330	0,457
0,8	0,191	0,306	0,438
0,85	0,167	0,285	0,421
0,9	0,145	0,265	0,404
0,95	0,126	0,247	0,388
1	0,109	0,230	0,373
1,05	0,094	0,215	0,359
1,1	0,081	0,200	0,346
1,15	0,070	0,187	0,333
1,2	0,061	0,175	0,322
1,25	0,052	0,163	0,310
1,3	0,045	0,153	0,299
1,35	0,039	0,143	0,289
1,4	0,034	0,134	0,280
1,45	0,029	0,125	0,270
1,5	0,025	0,118	0,261

1,55	0,022	0,110	0,253
1,6	0,019	0,104	0,245
1,65	0,016	0,097	0,237
1,7	0,014	0,092	0,230
1,75	0,012	0,086	0,223
1,8	0,011	0,081	0,216
1,85	0,009	0,076	0,210
1,9	0,008	0,072	0,204
1,95	0,007	0,068	0,198
2	0,006	0,064	0,192
2,1	0,005	0,057	0,182
2,2	0,004	0,051	0,172
2,3	0,003	0,046	0,163
2,4	0,002	0,041	0,154
2,5	0,002	0,037	0,147
2,6	0,001	0,034	0,139
2,7	0,001	0,031	0,133
2,8	0,001	0,028	0,126
2,9	0,001	0,025	0,120
3	0,001	0,023	0,115
3,2	0,000	0,019	0,105
3,4	0,000	0,016	0,096
3,6	0,000	0,014	0,089
3,8	0,000	0,012	0,082
4	0,000	0,010	0,076
4,2	0,000	0,009	0,070
4,4	0,000	0,007	0,065
4,6	0,000	0,007	0,061
4,8	0,000	0,006	0,057
5	0,000	0,005	0,053
5,5	0,000	0,004	0,045
6	0,000	0,003	0,039
6,5	0,000	0,002	0,034
7	0,000	0,002	0,030
7,5	0,000	0,001	0,026
8	0,000	0,001	0,024
8,5	0,000	0,001	0,021
9	0,000	0,001	0,019
9,5	0,000	0,001	0,017

5. Учет утилизационной стоимости

Построенная в Разделе 4 зависимость относилась к машинам с нулевой утилизационной стоимостью. При этом во все предыдущие рассуждения приходится вносить существенные поправки.

Как уже говорилось в Разделе 2, в конце экономического срока службы интенсивность приносимых машиной выгод должна сравняться с производением rU ставки дисконтирования на утилизационную стоимость машины, тогда как коэффициент снижения выгод $b(\tau)$ в этот момент обращается в нуль. Становится некорректной и формула (8), где утилизационная стоимость не учтена. Оказывается, есть возможность преодолеть эти трудности.

Как уже отмечалось, выгоды, приносимые активом в некотором периоде, мы определили как стоимость произведенной продукции за вычетом операционных затрат. Если при исчислении выгод включить в состав операционных затрат еще и упущенную выгоду от утилизации машины, мы получим новый показатель – назовем его чистыми выгодами. Интенсивность чистых выгод от эксплуатации машины теперь будет отличаться от интенсивности «обычных» выгод на величину rU . При этом к концу экономического срока службы она будет уменьшаться до нуля. Это позволяет описывать динамику чистых выгод теми же моделями, что и ранее, т.е. считать коэффициент снижения интенсивности чистых выгод с возрастом функцией $b(t/T)$ от относительного возраста. Если к тому же принять интенсивность чистых выгод, приносимых новой машиной, за единицу, то у машины ее возраста она составит $b(t/T)$.

Рассмотрим теперь стоимость машины возраста t как сумму двух слагаемых: $C(t) = [C(t) - U] + U = \bar{C}(t) + U$. Первое слагаемое $C(t) - U = \bar{C}(t)$ здесь отражает стоимость машины, как средства производства определенной продукции, а второе – стоимость машины, как объекта утилизации. При этом с увеличением возраста меняется только первое слагаемое, уменьшаясь до нуля к концу срока службы. Нетрудно проверить, что в таком случае вместо (8) будет иметь место похожее равенство:

$$\bar{C}(s) = \int_s^T b(t/T) e^{-r(t-s)} dt. \quad (14)$$

После этого все дальнейшие рассуждения Раздела 4 сохраняются, и мы получим те же выражения для коэффициентов k и i , только применяться они должны не к стоимости новой машины $C(0)$, а к разности $C(0) - U$ (в МСФО эта разность именуется амортизируемой суммой). Поэтому обесценение $D(t)$ и стоимость $C(t)$ машины возраста t должны рассчитываться по следующим формулам, упомянутым в Разделе 2:

$$\begin{aligned} D(t) &= [C(0) - U] i(\tau), \\ C(t) &= C(0) - I(t) = [C(0) - U] k(\tau) + U. \end{aligned} \quad (15)$$

При этом «настоящий» коэффициент годности (относительная стоимость, отношение стоимости машины к стоимости аналогичной новой машины), будет связан с $k(\tau)$ равенством:

$$\frac{C(t)}{C(0)} = (1 - u) k(\tau) + u,$$

где $u = U/C(0)$ – относительная утилизационная стоимость машины.

Вернемся теперь к рис. 1, который теперь отражает динамику разности между стоимостью машины и ее утилизационной стоимостью. Обратим внимание, что с возрастом стоимости машин разных классов снижаются по-разному. Медленнее всего они снижаются для машин класса 3. В связи с этим отметим, что в России в системе национальных счетов используется логнормальное [6], в США – экспоненциальное, а в Германии гамма-распределение сроков службы. «Хвосты» этих распределений намного легче, чем для машин третьего класса. Поэтому остаточные сроки службы достаточно старых машин с возрастом будут либо возрастать, либо очень медленно убывать, что обычно не наблюдается. Более того, изложенный метод позволяет рассчитать относительные стоимости машин и при экспоненциальном, логнормальном или гамма-распределении срока службы. При этом оказывается, что стоимости машин, отработавших 3–5 средних сроков службы, будут существенно выше их утилизационной стоимости, что не подтверждается рыночными данными. По этой причине представляется, что использование указанных распределений при стоимостной оценке может приводить к значительным ошибкам.

Заключение

При определении обесценения подержанных машин и оборудования обычно не учитывается или недостаточно адекватно учитывается их деградация, утилизационная стоимость и вероятностный характер срока их службы. Предлагаемый метод позволяет учесть указанные обстоятельства. Он базируется на основных положениях теории стоимостной оценки, теории национальных счетов и теории надежности, а также использует данные о вероятностном распределении сроков службы некоторых видов и марок машин. Таблицы, построенные с помощью этого метода, существенно облегчают его применение в практике стоимостной оценки. Проведенный анализ показывает, что при стоимостной оценке машин следует ориентироваться на распределение Вейбулла сроков их службы,

тогда как использование логнормального, экспоненциального и гамма-распределений может приводить к существенным ошибкам в оценке достаточно старых по возрасту машин.

В предложенном методе предполагался известный срок службы машин оцениваемой марки (S) и класс, к которому они относятся (т.е., по существу, коэффициент вариации срока службы ν). Между тем, при наличии достаточно большой информации о рыночных ценах машин разного возраста, значения S и ν можно оценить. Для этого следует подобрать их так, чтобы наблюдаемые цены машин возможно более точно аппроксимировались их средними стоимостями, рассчитанными данным методом. Подобный прием для других моделей обесценения машин использовался нами, например, в [10,13].

Литература

1. МСО. Международные стандарты оценки : вступают в силу 31 января 2020 года. / пер. с англ. М.: Российское общество оценщиков. 2020. 193 с.
2. ЕСО 2016. Европейские стандарты оценки 2016. Восьмое издание. 2017 / Пер. с англ. М.: Российское общество оценщиков. 428 с.
3. Вейг Н.В. Оценка стоимости машин и оборудования: Учебное пособие. СПб.: СПбГУЭФ. 2009. 124 с.
4. Лейфер Л.А. (ред.). Справочник оценщика машин и оборудования. Корректирующие коэффициенты и характеристики рынка машин и оборудования (изд. 2-е). Нижний Новгород: Приволжский центр методического и информационного обеспечения оценки. 2019.
5. Лейфер Л.А., Кашиникова П.М. Определение остаточного срока службы машин и оборудования на основе вероятностных моделей // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2008. №1.
6. Методологические указания по расчету потребления основного капитала. Утверждены приказом Росстата от 9 февраля 2011 года. № 32.
7. Мышанов А.И., Рослов В.Ю. Расчет совокупного износа оборудования : в 2 частях //Часть 1: Эксперт – Оборудование, рынок, предложения (февраль 2007 г.), с дополнениями и изменениями к части 1 : Эксперт – Оборудование, рынок, предложения (апрель 2007 г.). Часть 2 : Эксперт – Оборудование, рынок, предложения (март 2007 г.).
8. Острейковский В.А. Теория надежности: учебник для вузов. М.: Высшая школа. 2003.
9. СНС 2008. Система национальных счетов 2008. 2012. Европейская комиссия, Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, ООН, Всемирный банк. Нью-Йорк. 2012.
10. Смоляк С.А. Зависимость стоимости машин от возраста: проблемы и модели // Аудит и финансовый анализ. 2014. №5. С. 138-150.
11. Смоляк С.А. Стоимостная оценка машин и оборудования. М.: Опцион. 2016. 377 с.
12. Смоляк С.А. О вероятностных моделях для оценки остаточного срока службы и износа машин и оборудования // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2017. № 2 (185). С.75-87.
13. Смоляк С.А. О динамике обесценения машин со случайным сроком службы // Труды ИСА РАН. 2020. Т. 70. № 1. С. 55-64
14. Федотова М.А. (ред.) Оценка машин и оборудования: учебник. 2-е изд. М.: ИНФРА-М. 2018. 324 с.
15. AH 581. Assessors' Handbook 581. Equipment and Fixtures Index, Percent Good and Valuation Factors. January 2020. California State Board of Equalization.
16. AH 582. Assessors' Handbook 582. The Explanation of the Derivation of Percent Good Factors. 1981. California State Board of Equalization
17. ASNA. Australian System of National Accounts. Concepts, Sources and Methods. (2016). Australian Bureau of Statistics.
18. Barth N., Cappelen A., Skjerpén T., Todsén S., Abyholm T. Expected service lives and depreciation profiles for capital assets : Evidence based on a survey of Norwegian firms // Journal of Economic and social measurement. 2016. V. 41, P. 329-369.
19. Eurostat-OECD survey of national practices in estimating net stock of structures. OECD, Eurostat

Смоляк Сергей Абрамович. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Центральный экономико-математический институт РАН». Москва. Главный научный сотрудник. Доктор экономических наук. Количество печатных работ: 318. Область научных интересов: стоимостная оценка имущества, оценка эффективности инвестиционных проектов, эконометрика, математическое моделирование микроэкономических процессов. E-mail: smolyak1@yandex.ru

Assessment of machinery and equipment depreciation using the method used in the systems of national accounts

Smolyak S.A.

Federal State Budgetary Institution "Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences", Moscow, Russia

Abstract: We offer a model for estimating the value of used machinery and equipment. It takes into account the requirements of valuation standards, information of equipment items durability and is based on the method used in the system of national accounts. The market value of equipment item is determined by the sum of the discounted benefits from their subsequent rational use. In this case, the service life of the equipment items has a Weibull distribution, and the dynamics of the benefits it brings is described by a hyperbolic relationship, as is customary in the system of national accounts of Russia and some other countries. The proposed method allowed us to calculate the dependences of equipment value on age. For practical application, we divided the equipment into classes and presented the indicated dependences for each class in tabular and graphical form.

Key words: *machinery, equipment, valuation, depreciation, cost approach, income approach, benefits, lifetime, Weibull distribution, national accounts*

DOI: 10.14357/20790279210105

References

1. *International Valuation Standards*: Effective 31 January 2020. International Valuation Standards Council.
2. *European Valuation Standards* 2016. Eighth Edition. TEGoVA.
3. *Veyg N.V.* (2009). Machinery and equipment valuation : tutorial. St Petersburg. SPbGUEF. (in Russian)
4. *Leyfer L.A. (ed.)* (2019). Reference book of the appraiser of machinery and equipment. Corrective factors and characteristics of the market of machinery and equipment (2nd ed.). Nizhny Novgorod, Russia: Volga Center for Methodological and Informational Support of Assessment. (in Russian)
5. *Leyfer L.A., Kashnikova P.M.* (2008). Residual life of machinery and equipment calculation based on probabilistic models // Property relations in the Russian Federation. Vol. 1. (in Russian)
6. *Methodological guidelines* for calculating consumption of fixed capital. Approved by the Order of Rosstat dated February 9, 2011 No 32.
7. *Myshanov A.I., Roslov V.Yu.* Calculation of the total equipment depreciation: In 2 parts. // Part 1: Expert - Equipment: market, offers, prices (February 2007), with additions and corrections to Part 1: Expert - equipment: market, offers, prices (April 2007). Part 2: Expert - Equipment: market, offers, prices (March 2007).
8. *Ostreykovsky V.A.* (2003). Reliability theory: textbook for universities. Moscow: Vysshaya shkola (in Russian)
9. *System of National Accounts* 2008. (2009). European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Co-operation and Development, United Nations, World Bank. New York.
10. *Smolyak S.A.* (2014). The dependence of value of equipment on age: problems and models // Audit and financial analysis. No. 5. (in Russian)
11. *Smolyak S.A.* (2016). Machinery and equipment valuation. Moscow. Option. (in Russian)
12. *Smolyak S.A.* (2017). On probabilistic models for assessing the residual service life and depreciation of machinery and equipment // Property relations in the Russian Federation. Vol. 2 (185), 75-87. (in Russian)
13. *Smolyak S.A.* (2020). On the dynamics of depreciation of machines with a random service life // Proceedings of the Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences. Vol. 70, Issue 1, 55-64 (in Russian)
14. *Fedotova M.A. (ed.)* (2018). Machinery and equipment valuation: textbook. 2nd ed. Moscow. INFRA-M. (in Russian)
15. *AH 581.* Assessors' Handbook 581. Equipment and Fixtures Index, Percent Good and Valuation Factors. January 2020. California State Board of Equalization
16. *AH 582.* Assessors' Handbook 582. The Explanation of the Derivation of Percent Good Factors. 1981. California State Board of Equalization
17. *ASNA.* Australian System of National Accounts. Concepts, Sources and Methods. (2016). Australian Bureau of Statistics.
18. *Barth N., Cappelen A., Skjerpen T., Todsén S., Abyholm T.* (2016). Expected service lives and depreciation profiles for capital assets : Evidence

based on a survey of Norwegian firms // Journal of Economic and social measurement. V. 41, 329-369.

19. *Eurostat-OECD* survey of national practices in estimating net stock of structures. OECD, Eurostat

Smolyak S.A. Doctor of Economic Sciences. Federal State Budgetary Institution “Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences”. 47, Nakhimovsky prospect, 117418, Moscow, Russia. E-mail: smolyak1@yandex.ru