

СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА МАШИН СО СЛУЧАЙНЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНЫХ СЧЕТОВ – 2008

С.А. Смоляк

DOI: 10.33293/1609-1442-2021-2(93)-40-57

Предлагается модель, описывающая уменьшение рыночной стоимости машин (обесценение) с возрастом в ситуации, когда срок ее службы случайный и подчиняется распределению Вейбулла. В качестве измерителя обесценения подержанной машины принимается коэффициент годности – отношение ее стоимости к стоимости аналогичной новой машины. Модель основана на принятом в теории стоимостной оценки принципе ожидания выгод и методе дисконтирования денежных потоков. В модели учтено, что технико-экономические характеристики машины с возрастом ухудшаются, а приносимые ею выгоды уменьшаются по гиперболической зависимости, принятой в системе национальных счетов Системы национальных счетов – 2008 (СНС-2008). Как показывают расчеты, ставка дисконтирования и средний срок службы слабо влияют на зависимость коэффициента годности машины от ее относительного возраста (отношения фактического возраста к среднему сроку службы). Это позволило выделить три категории машин и предложить для каждой из них зависимость коэффициента годности от относительного возраста, что удобно для практического использования в оценочной деятельности.

Ключевые слова: машины, оборудование, стоимостная оценка, метод дисконтирования денежных потоков, обесценение, коэффициент годности, изнашивание, срок службы, распределение Вейбулла.

Классификация JEL: D46, D81.

© Смоляк С.А., 2021 г.

Смоляк Сергей Абрамович, д.э.н., главный научный сотрудник, ЦЭМИ РАН, Москва, Россия; smolyak1@yandex.ru

Основные положения стоимостной оценки имущества изложены в международных (МСО, 2020) и национальных стандартах оценки, различных учебниках и многочисленных публикациях. Однако особое внимание при этом уделяется оценкам финансовых инструментов и недвижимого имущества, тогда как теории стоимостной оценки машин и оборудования (далее – машин) уделяется сравнительно мало внимания. Более того, для оценки рыночной стоимости машин используются, как правило, примитивные модели середины прошлого века. Естественно, что при этом (в отличие от работ по теории надежности) не учитывается неопределенность процесса эксплуатации машин. В данной статье предлагается математическая модель, описывающая изменение рыночной стоимости машин в процессе эксплуатации и учитывающая вероятностный характер срока ее службы в соответствии с системой национальных счетов.

Разумеется, построенная модель основана на ряде сильных допущений, относящихся к рассматриваемым машинам и поведению их владельцев. Такие допущения формулируются и обосновываются по ходу изложения.

Структура статьи следующая. Вначале рассматриваются основные характеристики машин и особенности оценки их стоимости, затем строится математическая модель. Результаты расчетов по ней представлены в удобном для практического использования оценщиками виде. Приводится пример, показывающий, что построенные зависимости достаточно хорошо согласуются с рыночными данными.

1. МАШИНЫ И СРОКИ ИХ СЛУЖБЫ

Объектом нашего рассмотрения будут машины только одной марки (модели, модификации), серийно выпускаемые на рынок. Принимается, что все эти машины предназначены для производства определенного

продукта (им может быть работа или услуга), который для сокращения изложения будем именовать термином «продукт», и используются по своему назначению.

Машину, изготовленную и подготовленную к вводу в эксплуатацию, будем называть *новой*. Все новые машины мы считаем идентичными (точными аналогами друг друга). Обычно новые машины продаются на *первичном рынке* – производителями и дилерами.

Машина, эксплуатировавшаяся уже некоторое время, становится *поддержанной* – такие машины продаются на *вторичном рынке*. В процессе эксплуатации техническое состояние машины изменяется. Большую часть времени машина работает, производя продукт. При этом она изнашивается, а ее техническое состояние ухудшается. Время от времени машина подвергается ремонтным воздействиям, позволяющим либо поддержать, либо несколько улучшить техническое состояние машины, однако далее это состояние снова начнет ухудшаться. Моменты проведения ремонтных воздействий обычно жестко не регламентируются. Поэтому «временные улучшения» состояния машины после ремонтов мы рассматриваем как небольшие отклонения от общей тенденции и не будем их учитывать. Тем самым мы принимаем, что с возрастом техническое состояние машин не улучшается.

Как правило, все поддержанные машины имеют разное техническое состояние, поэтому у любой поддержанной машины нет точных аналогов.

Заметим теперь, что изменения технического состояния машины происходит непрерывно. На этом основании далее процесс использования машины рассматривается в *непрерывном времени* (обычно в практике оценки имущества период его использования разделяется на годы). Динамика изменения технического состояния у разных машин различается. Однако наступает момент, когда продолжать использование машины по назначению или ремонтировать ее становится невозможно или невыгодно. В этот момент она перестает быть машиной и должна быть использована по-

иному. Такой процесс называется *утилизацией*. Например, утилизируемую машину можно демонтировать и продать как набор металлолома и годных (например, в качестве запасных частей) узлов и деталей. При утилизации владелец машины несет определенные затраты и получает определенные доходы.

2. СРОКИ СЛУЖБЫ МАШИН

Период времени от начала эксплуатации машины до утилизации называется (полным) сроком ее службы, а период от текущего момента до утилизации – остаточным сроком ее службы. Далее будет идти речь в основном только о полном сроке службы, так что определение «полный» будет опускаться. На практике у машин одной марки, введенных в эксплуатацию в одно и то же время, сроки службы различаются. Как и в теории надежности, мы будем рассматривать срок службы машины как случайную величину. Обычно используют следующие ее характеристики:

- функция распределения $F(x)$. Ее значения отражают вероятность того, что срок службы окажется не больше x ;
- функция надежности (дожития) $P(x) = 1 - F(x)$. Ее значения отражают вероятность того, что срок службы окажется больше x ;
- гамма-процентный срок службы T_γ отражает возраст, до которого доживает γ процентов машин. Он определяется из равенства $P(T_\gamma) = \gamma/100$;
- плотность распределения $p(x) = F'(x)$;
- интенсивность выбытия $\lambda(x) = p(x)/P(x)$. Обычно у машин с повышением возраста интенсивность выбытия возрастает (если исключить кратковременный начальный этап их «приработки»);
- среднее значение (средний срок службы) – $S = \int_0^\infty xp(x)dx = \int_0^\infty P(x)dx$, среднеквадратичное отклонение σ и коэффициент вариации $v = \sigma/S$.

Все эти показатели относятся, по существу, к новой машине. Если же рассмотреть машину возраста t , то для нее функция надежности будет $P(x)/P(t)$, а плотность распределения $p(x)/P(t)$.

О вероятностных распределениях сроков службы машин известно не очень много. Довольно редко публикуются результаты ускоренных испытаний машин на долговечность либо полученные на основе этих испытаний значения гамма-процентных ресурсов. Некоторое представление о сроках службы можно получить, анализируя предложения о продаже подержанных машин марок уровня износа «в лом», а также из данных проводимых Росстатом РФ выборочных обследований сроков службы и возраста основных фондов. Что же касается средних сроков службы машин, то оценщики обычно выводят их из назначенных или нормативных сроков, установленных в технической документации. Так, по данным коллективных экспертных оценок оценщиков (Лейфер, 2019), средние сроки службы машин, оборудования и транспортных средств превышают нормативные примерно на 80% (для электронного оборудования, инструментов и приборов – на 60%). В тех же случаях, когда в технической документации нормативные сроки службы машин не указаны, их принимают на 20% выше амортизационных. Есть основания считать, что нормативный срок службы машин каждой марки устанавливают так, чтобы до этого срока доживало 80% машин (для особо ответственного оборудования – 90 или даже 95%).

Данных о разбросе сроков службы машин мало, и они не всегда согласуются между собой. Коэффициент вариации срока службы (v) зависит от преобладающего характера разрушения базовых частей конструкции (изнашивание материалов или их усталость), стабильности условий эксплуатации и режима нагрузок, а также от качества изготовления. Более подробные сведения приведены в (Острейковский, 2003, табл. 12.5). Из таблицы видно, что, например, для машин среднего качества изготовления, работающих при переменных нагрузках в нестабильных условиях

эксплуатации, значения v могут достигать до 0,6...0,7. В (Ковалев, 2016) отмечается, что для станков, легковых автомобилей, технологического оборудования и электроники $v = 0,2...0,3$, для грузовых автомобилей, башенных кранов и строительно-дорожных машин $v = 0,3...0,4$.

В литературе есть сведения о коэффициентах вариации сроков службы разных машин в других странах. Так, по данным (Baldwin et al., 2015, Table 3), в Канаде для тяжелых строительных машин, моторов, генераторов, турбин, компрессоров и насосов они составляют 0,55; грузовиков, фургонов, седельных тягачей и автоприцепов – 0,4; нагревателей, кондиционеров и холодильного оборудования – 0,36; автобусов – 0,36; компьютеров – 0,33; сельскохозяйственных машин (тракторов и др.) – 0,29. В Норвегии эти коэффициенты составляют: для офисных компьютеров – 0,47; грузовиков, тягачей и автоприцепов – 0,67; судов и паромов – 0,43; машин и оборудования обрабатывающей и горнодобывающей промышленности – 0,46; машин и оборудования электростанций, генераторов, турбин, двигателей – 0,25; тракторов и других сельскохозяйственных машин – 0,29; легковых автомобилей – 0,37; автобусов – 0,19; для самолетов и вертолетов – 0,14 (Barth et al., 2016, Table 4). Из результатов, полученных в (Althaus et al., 2010), вытекает, что коэффициент вариации сроков службы легковых автомобилей в Германии меняется с увеличением размера машин от 0,46 до 0,56.

Существующие теории не позволяют однозначно установить общий вид вероятностных распределений сроков службы объектов. Специальных испытаний для установления вероятностных распределений сроков службы машин не проводят, а фактические данные о сроках службы обычно аппроксимируют одним из известных распределений (SNA-2008).

Так, в системе национальных счетов Финляндии принято, что сроки службы основных средств имеют распределение Вейбулла. Однако в Германии для тех же целей прини-

мается гамма-распределение с коэффициентом вариации 1/3 (Schmalwasser, Schidlowski, 2006).

В российской системе национальных счетов используется *логнормальное распределение* сроков службы основных средств¹. На таком же распределении основан и метод определения остаточного срока службы, изложенный в (Лейфер, Кашникова, 2008; Лейфер, 2019). У логнормального распределения с параметрами μ и σ плотность $p(x)$, функция надежности $P(x)$, средний срок службы T и коэффициент вариации v задаются следующими формулами:

$$p(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln \mu)^2}{2\sigma^2}},$$

$$P(x) = \Phi\left(\frac{\ln(\mu/x)}{\sigma}\right),$$

$$T = \mu e^{\sigma^2/2}, \quad v = \sqrt{e^{\sigma^2} - 1},$$

где Φ – функция стандартного нормального распределения.

По нашему мнению, такое распределение (с любыми параметрами) неадекватно описывает процесс изнашивания и выбытия машин. Дело в том, что в этом случае интенсивность выбытия машин с увеличением возраста будет вначале расти, а затем начнет снижаться. Средний остаточный срок службы машины, наоборот, с увеличением ее возраста вначале будет уменьшаться, а затем начнет расти. Все это не согласуется с наблюдаемой тенденцией снижения надежности машин с возрастом.

В литературе под «надежностью» чаще всего принимается, что срок службы машин имеет *двухпараметрическое распределение Вейбулла*. У такого распределения с параметрами масштаба и формы (N и β) плотность

$p(x)$, функция надежности $P(x)$, средний срок службы S и коэффициент вариации v задаются следующими формулами:

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

$$P(x) = e^{-(x/N)^\beta},$$

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

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

где Γ – гамма-функция.

Если параметр формы β больше единицы, то при увеличении возраста машины средний остаточный срок ее службы будет сокращаться, а интенсивность выбытия – расти.

При $\beta = 1$ распределение Вейбулла становится экспоненциальным. Здесь ни средний остаточный срок службы, ни интенсивность выбытия не зависят от возраста машины. Такая ситуация на практике обычно не наблюдается.

Гамма-процентный срок службы (T_γ) для распределения Вейбулла выражается формулой: $T_\gamma = N \ln^{1/k}(100/\gamma)$. Его отношение к среднему сроку службы (относительный гамма-процентный срок службы) $n_\gamma = T_\gamma/T$ не зависит от параметра масштаба. Зависимости коэффициента вариации (v) и относительных 80%-х и 90%-х сроков службы от параметра формы для распределения Вейбулла представлены в табл. 1.

В литературе приводятся сведения о значениях параметра формы β для некоторых видов или марок машин (выборка таких сведений есть в (Смоляк, 2017)).

Учитывая указанные обстоятельства, мы будем считать, что случайный срок службы машины имеет распределение Вейбулла с параметром формы, большим единицы.

В то же время важно иметь в виду, что имеющаяся информация о параметрах формы (β) относится к совершенно определенным маркам машин (в основном зарубежных), работавшим в определенных условиях. Поэтому,

¹ Федеральная служба государственной статистики. Приказ от 9 февраля 2011 г. № 32 об утверждении «Методологических указаний по расчету потребления основного капитала».

Таблица 1

Характеристики распределения Вейбулла с разными параметрами формы

β	1	1,26	1,45	1,72	2,10	2,70	3,71	4,54	5,80
ν	1,00	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20
n_{80}	0,22	0,30	0,36	0,42	0,49	0,57	0,67	0,72	0,77
n_{90}	0,11	0,17	0,21	0,27	0,34	0,43	0,55	0,61	0,68

оценивая конкретные машины, российские оценщики практически не имеют никакой информации о соответствующем значении параметра формы (β), а в ряде случаев – и о среднем сроке их службы. Однако некоторыми сведениями о технических характеристиках машины и требованиях к ее эксплуатации они располагают. В связи с этим именно для целей стоимостной оценки в (Смоляк, 2017) было предложено разделить машины и оборудование различного назначения на три категории с разными значениями β , исходя из доступной для оценщиков информации. Ниже мы уточняем эту классификацию.

Первая категория включает машины, к чьей надежности и срокам службы предъявляются повышенные требования. Это конструктивно сложные машины с установленными производителем сроками службы либо производимые малыми сериями или в единичных экземплярах, ремонт которых слишком дорог или практически невозможен. Установленные в технической документации сроки службы таких машин можно рассматривать как 90%-е, а фактические сроки их службы лежат в довольно узких пределах. У машин этой категории коэффициенты вариации срока службы (ν) меньше 0,38, а параметр формы β превышает 2,85. В среднем для машин этой категории можно принять $\beta = 3,71$; $\nu = 0,3$; $n_{90} = 0,546$. Примерно такие машины рассматривались в (Лейфер, Кашникова, 2008). Для машин этой категории средний срок службы превышает установленный производителем в $1/0,546 = 1,83$ раза, что согласуется с оценками квалифицированных экспертов (Лейфер, 2019).

Вторая категория включает машины, к надежности которых предъявляются опре-

деленные требования, но сроки службы которых особо не регламентируются и могут неоднократно продлеваться. У машин этой категории $\nu = 0,38...0,57$; $\beta = 3,34...1,85$. Установленные в технической документации сроки службы таких машин (если таковые есть) можно рассматривать как 80%-е. На этом основании здесь можно принять $\beta = 2,25$, $\nu = 0,47$, $n_{80} = 0,514$. Поэтому средний срок службы машин этой категории превышает установленный производителем в $1/0,514 = 1,95$ раза.

Третья категория включает машины и оборудование, к надежности и срокам службы которых не предъявляются особых требований. Это сравнительно простые по конструкции машины, их производят большими сериями, и их достаточно легко ремонтировать. Их надежность с возрастом снижается не слишком сильно. Работоспособность таких машин можно восстанавливать много раз, поэтому фактические сроки их службы могут меняться в достаточно широких пределах. Для машин этой категории $\nu = 0,57...0,8$; $\beta = 1,25...1,85$. Сроки службы таких машин в технической документации, как правило, не устанавливаются. Если же такие сроки установлены, их с определенной долей условности можно считать 67%-ми (до среднего срока доживает примерно две трети машин этой категории). В таком случае здесь можно принять $\beta = 1,57$, $\nu = 0,65$, $n_{67} = 0,559$. Поэтому средний срок службы машин данной категории превышает установленный производителем в $1/0,559 = 1,79$ раза, что также согласуется с оценками (Лейфер, 2019).

3. СТОИМОСТЬ МАШИН И ВЫГОДЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Экономическая деятельность нуждается в стоимостной оценке различных объектов – основных средств (включая и машины), работ, услуг, прав собственности и др. Характерной особенностью всех объектов оценки является их полезность для участников рынка. Оценкой стоимости объектов (оценочной деятельностью) занимаются профессиональные *оценщики*, вырабатывающие свое *суждение о стоимости* оцениваемого объекта и отражающие это суждение (с необходимыми обоснованиями) в *отчете об оценке*.

Стоимость объекта всегда определяется на конкретный момент времени – он называется *датой оценки* (она может отличаться от той даты, когда производится процедура оценки). Известно несколько видов стоимости, но основной является *рыночная (market value)*. Мы не будем конкретизировать и комментировать определение этого понятия, адресуя читателей к стандартам оценки (МСО, 2020). Для нашей цели важно, что рыночная стоимость объекта отражает цену коммерческой сделки с ним, совершаемой на дату оценки между типичными участниками рынка. При этом принимается, что типичные участники рынка имеют типичную мотивацию совершать сделки, ведут себя осмотрительно и расчетливо, хорошо осведомлены о рынке и предмете сделки. Именно такими мы далее будем считать реальных и потенциальных владельцев машин рассматриваемой марки.

Сравнивая подержанную машину с аналогичной новой, мы увидим, что в связи с ухудшением ее технико-экономических характеристик она обладает меньшей полезностью и, следовательно, меньшей стоимостью. Соответствующее уменьшение стоимости именуется *обесценением* (износом, depreciation).

У машины, подлежащей утилизации, тоже есть рыночная стоимость – она называется утилизационной стоимостью и равна

чистому доходу владельца от рационально проведенной утилизации машины. Обычно утилизационные стоимости машин невелики, и далее мы будем временно (вплоть до раздела 5) считать утилизационную стоимость рассматриваемых машин нулевой.

Поскольку производимый машинами продукт (работа, услуга) нужен участникам рынка, он имеет и рыночную стоимость². Это позволяет ввести в рассмотрение важную характеристику машин – выгоды от их использования за определенный период – стоимость произведенного за этот период продукта за вычетом стоимости затраченных ресурсов (Смоляк, 2016).

Использовать это определение для непосредственной оценки выгод можно лишь в редких случаях, когда производимый машиной продукт обращается на рынке, известны цена единицы продукта, количество произведенного за этот период продукта и затраты на это производство (операционные затраты). Однако оценить выгоды можно и иначе, если заметить, что в условиях равновесного рынка выгоды от использования машины за некоторый период совпадают с рыночной платой за ее аренду (МСО, 2020) на тот же период, которая может быть оценена по рыночным данным. Это обстоятельство используется и в системах национальных счетов (SNA-2008).

Разумеется, размер выгод от использования машины зависит от того, в каких ценах эти выгоды измеряются. Далее мы будем считать, что инфляция в стране отсутствует, т.е. цены производимого продукта и затраченных ресурсов не меняются. На самом деле это допущение слишком сильное, и в разделе 5 мы его ослабим.

Заметим, наконец, что выгоды от рационально проведенной утилизации машины равны ее утилизационной стоимости, которую мы временно приняли равной нулю.

² Продукт может иметь агрегированный характер, например, «сверление отверстий» или «перемещение грунта». В таком случае и агрегированный (усредненный) характер будет иметь и рыночная стоимость единицы продукта.

Поскольку процесс использования машины рассматривается в непрерывном времени, ее состояние удобно характеризовать интенсивностью приносимых выгод (ИВ) – выгодами от использования машины в течение малой единицы времени (более строго: если построить зависимость накопленных с начала эксплуатации выгод от возраста машины, то величина ИВ будет производной построенной функции).

Ухудшение технико-экономических характеристик машины в процессе их эксплуатации технические специалисты именуют изнашиванием, износом или деградацией (*deterioration, degradation*). Моделям процессов деградации машин (и иных сложных технических систем) посвящено много работ по теории надежности, например (Острейковский, 2003; Wang et al., 2011; Lin et al., 2014). При этом, естественно, деградация машины связывалась с ее отказами, а основное внимание уделялось изменениям характеристик надежности машин. Однако для наших целей важно, что изнашивание машины проявляется в снижении ее производительности и росте операционных затрат (некоторые сведения о динамике этих показателей для машин различного назначения приведены в (Смоляк, 2016, раздел 1.1)), а следовательно, в снижении ИВ.

На практике новые и подержанные машины оцениваются по-разному. *Новые* машины продаются на первичном рынке, где разброс цен не слишком велик, так что стоимость машины определяют как среднее из цен продаж. Затем эту стоимость корректируют, учитывая, например, затраты на доставку и монтаж (подробнее см., например, в (Федотова, 2018)). Каких-то методических сложностей здесь не возникает. Другое дело, когда по каким-либо причинам на дату оценки новых машин на первичном рынке нет. Тогда для их оценки используются данные о ценах аналогичных новых машин других марок, однако в эти цены приходится вносить корректировки (например, на различия в технических параметрах).

Подержанные машины оцениваются немного иначе. Поскольку точных аналогов у подержанной машины нет, в качестве аналога принимают либо подержанную машину того же или близкого возраста, либо новую машину той же марки (новый аналог). Однако цены подержанных машин одного возраста могут сильно различаться, что приводит к серьезным ошибкам в оценке стоимости (см. раздел 7). Более точные результаты достигаются, если ориентироваться на цены нового аналога. В этом случае стоимость подержанной машины оценивают, корректируя стоимость ее нового аналога (стоимость воспроизводства оцениваемой машины, СВ). Это делается одним из двух эквивалентных способов. Согласно первому способу, используемому российскими оценщиками, СВ машины уменьшается на процент износа (обесценения, *depreciation*) (Федотова, 2018), согласно второму, используемому в США, к СВ машины применяется так называемый *процент годности* (Percent Good Factor, PGF) (Assessors' Handbook 581). Второй способ представляется нам более удобным и наглядным, поэтому мы будем ориентироваться именно на него: использовать коэффициенты вместо процентов (Лейфер, 2019), а коэффициент годности будем называть «*относительной остаточной стоимостью*».

Строго говоря, проценты износа (обесценения) или годности (они дополняют друг друга до 100%) зависят от технического состояния машины, однако никаких объективных измерителей технического состояния оцениваемых машин у оценщиков нет. К тому же покупатели машин ориентируются в основном на их возраст, а продавцы обычно не сообщают детальной информации об их состоянии (иногда продавцы сообщают сведения о наработке машин, но покупатели обычно не доверяют этим сведениям). Таким образом, возраст является наиболее важной характеристикой, определяющей цены сделок и стоимости машин. Поэтому на практике коэффициенты годности (k) или износа (обесценения) определяют в зависимости от

возраста машины (t), используя разного рода формулы или таблицы, например (Асаул и др., 2011; Федотова, 2018; Лейфер, 2019; Personal Property Manual: Valuation guidelines 2019–2020). Многие из них слабо обоснованы (Смоляк, 2016). К тому же разные источники дают разные зависимости $k(t)$ для одних и тех же машин, и какой-то общей модели для них пока еще нет. В этой статье предлагается еще один метод установления таких зависимостей, учитывающий вероятностный характер срока их службы.

Для наших целей важно также, что оценка активов связывается в (МСО, 2020) с экономическим принципом ожидания выгод. Он упоминается там в п. 10.1 МСО 105 в числе основных принципов стоимостной оценки, а его суть раскрывается в ряде положений стандарта, описывающих методы оценки. Тем не менее конкретной формулировки этого принципа в (МСО, 2020) не приводится. В (Смоляк, 2016) этот принцип изложен в следующей форме, позволяющей определять стоимость актива с учетом неопределенности приносимых им выгод: *стоимость актива на дату оценки равна ожидаемой сумме дисконтированных выгод от последующего рационального использования актива*.

В связи с этим необходимо отметить два важных обстоятельства.

1. Стоимость актива отражает вклад этого актива в стоимость владеющего им предприятия. Это подразумевает, что владельцы машин как типичные участники рынка заинтересованы в максимизации своей стоимости (принцип ожидания выгод широко используется при оценке стоимости предприятий).

2. Утилизация машины рассматривается при этом как один из способов ее использования. Поэтому стоимость машины в любом состоянии не меньше утилизационной стоимости и совпадает с ней, если утилизировать машину выгоднее, чем продолжать использовать ее по назначению.

Отметим также, что при нулевой утилизационной стоимости, что было ранее принято, в конце срока службы у машины обра-

щаются в нуль не только стоимость, но и ИВ. Действительно продолжение использования машины по назначению в этом случае приведет к получению отрицательных выгод, что явно нерационально.

4. МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГОДНОСТИ

Изнашивание машины происходит поразному – в зависимости от качества ее изготовления машины и условий эксплуатации. Этим объясняется и случайный характер срока службы машин. В таком случае динамику снижения ИВ надо было бы рассматривать как некоторый монотонный случайный процесс. Однако такой подход приводит к чрезмерно сложным моделям, и мы будем использовать упрощенный подход, изложенный в (Assessors' Handbook Section 582, 2015) и используемый в США для составления таблиц процентов годности типа машин (Assessors' Handbook 581, 2019; Personal Property Manual: Valuation guidelines 2019–2020). Суть его в следующем.

В общем случае срок службы машины определяется условиями ее эксплуатации³. При этом некоторые виды машин (например, станки, установленные на фундаменте) работают все время в одних и тех же условиях, тогда как у других (например, у строительных машин) условия эксплуатации все время меняются. Однако и в том и в другом случае можно считать, что в среднем за срок службы машина изнашивается так, как будто бы она работала в некоторых средних условиях. Другое дело, что для разных машин, используемых разными владельцами, эти средние условия

³ Продукт может иметь агрегированный характер, например «сверление отверстий» или «перемещение грунта». В таком случае и агрегированный (усредненный) характер будет иметь и рыночная стоимость единицы продукта.

могут быть разными (поэтому, в частности, подержанные машины одного возраста, работающие в разных условиях, будут различаться своими технико-экономическими характеристиками, что фактически и наблюдается). Более того, от условий эксплуатации может зависеть и стоимость единицы производимого машинами продукта (например, стоимость 1 м^3 перемещения грунта зависит от климатических условий, категории грунта и расстояния, на которое его надо перемещать).

При таких предположениях каждому возможному сроку службы T будет отвечать своя совокупность различных владельцев и соответствующих средних условий эксплуатации.

Возьмем большую группу машин с одним и тем же сроком службы T . Условия, в которых они работают, обозначим через U_T . Обозначим через $B(t, T)$ среднюю ИВ для машин этой группы возраста t . Величина $B(0, T)$ при этом отразит ИВ новой машины данной группы, а отношение $b(t, T) = B(t, T)/B(0, T)$ покажет коэффициент снижения средней ИВ у машин этой группы возраста t (по сравнению с новой машиной). Отметим, что в начале эксплуатации этот коэффициент равен единице, а в конце срока службы – нулю.

Рассмотрим теперь новую машину этой группы. Ее стоимость $V(0, T)$ для гипотетического покупателя, намеревающегося использовать машину в условиях U_T (инвестиционная стоимость), согласно принципу ожидания выгод, можно определить как ожидаемые совокупные дисконтированные выгоды от ее использования в условиях U_T за предстоящий срок службы. Поскольку при исчислении выгод в составе затрат не учитываются налоги, то, в соответствии с (МСО, 2020), они должны дисконтироваться по доналоговой ставке, обозначаемой далее через r . Кроме того, ввиду отсутствия инфляции эта ставка будет одновременно и номинальной, и реальной. Отсюда вытекает, что

$$V(0, T) = \int_0^T B(s, T) e^{-rs} ds. \quad (2)$$

Но все новые машины одинаковы, и их стоимость $V(0)$ не зависит от того, в каких условиях их намереваются использовать. Поэтому в условиях равновесного рынка все величины $V(0, T)$ должны совпадать с рыночной стоимостью новой машины: $V(0, T) = V(0)$. Действительно, если бы было $V(0, T) < V(0)$, производить продукт в условиях U_T было бы невыгодно и пришлось бы повысить на него цену. А при $V(0, T) > V(0)$ возник бы избыточный спрос на новые машины и пришлось бы повысить цены на них.

Рассмотрим теперь подержанную машину возраста t . Реальный или потенциальный ее покупатель не имеет полной информации ни о (полном) сроке ее службы, ни об условиях ее работы на предстоящий срок службы. В такой ситуации, согласно принципу ожидания выгод, стоимость $V(t)$ этой машины будет равна ожидаемым (с учетом неопределенности приносимых ею выгод и срока ее службы) совокупным дисконтированным выгодам от ее использования за предстоящий срок службы. Плотность распределения срока службы у рассматриваемой машины составляет $p(T)/P(t)$, поэтому мы будем иметь

$$V(t) = \int_0^\infty \left\{ \int_t^T B(s, T) e^{-r(s-t)} ds \right\} \frac{p(T)}{P(t)} dT. \quad (3)$$

Как отмечалось выше, новые машины оценивают на базе цен первичного рынка, а подержанные машины оценивают исходя из стоимости аналогичных новых, применяя коэффициенты годности. Коэффициент годности машины возраста t обозначим через $k(t)$, его можно вывести из равенства $V(0, T) = V(0)$ и формул (2) и (3):

$$k(t) = \frac{V(t)}{V(0)} = \frac{\int_0^\infty \left\{ \int_t^T B(s, T) e^{-r(s-t)} ds \right\} \frac{p(T)}{P(t)} dT}{V(0)} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^T \frac{\int_0^T B(s, T) e^{-r(s-t)} ds}{V(0, T)} \frac{p(T)}{P(t)} dT = \\
 &= \int_0^T \frac{\int_0^T B(s, T) e^{-r(s-t)} ds}{\int_0^T B(s, T) e^{-rs} ds} \frac{p(T)}{P(t)} dT.
 \end{aligned}$$

Сократив числитель и знаменатель в первой подынтегральной дроби на $B(0, T)$, получаем

$$k(t) = \int_0^T \left\{ \frac{\int_0^T b(s, T) e^{-r(s-t)} ds}{\int_0^T b(s, T) e^{-rs} ds} \right\} \frac{p(T)}{P(t)} dT. \quad (4)$$

Таким образом, для определения коэффициентов годности нет необходимости точно знать средние ИВ для машин каждой группы разного возраста – достаточно знать только динамику их снижения, т.е. зависимость $b(t, T)$. К сожалению, никакой теории, позволяющей ее описать, пока еще не построено. Из изложенного выше следует только, что с увеличением возраста от 0 до T функция $b(t, T)$ убывает от 1 до 0. В оценочной литературе для нее предлагаются разные аналитические зависимости (их краткий обзор приводится в (Смоляк, 2016)).

Между тем оценка рыночной стоимости активов необходима не только оценщикам имущества. Она играет важную роль и в макроэкономической статистике, а именно при формировании национальных счетов. В РФ и многих других странах при этом используют систему национальных счетов СНС-2008 (SNA-2008). В соответствующих расчетах также требуется оценивать стоимость подержанных активов (точнее, больших групп активов), используя информацию об их возрасте и стоимости новых аналогов (стоимости воспроизводства). Разумеется, и здесь используется принцип ожидания выгод: «С теоретической точки зрения рыночный механизм должен обеспечить

эквивалентность цены покупателя нового актива, относящегося к основным фондам, текущей стоимости будущих выгод, которые могут быть получены от его использования» (там же, п. 6.251). Однако далее термин «выгоды» (benefits) в СНС-2008 не используется, вместо него говорится сначала о «вкладах» (inputs) актива в производство (этот же термин позднее используется и в разделе «Оценка запасов капитала»), а затем – об его «эффективности» (efficiency). В частности, зависимость $b(t, T)$ именуется здесь профилем возраст–эффективность (age-efficiency profile).

Динамике снижения ИВ от использования активов (в СНС-2008 – снижения эффективности активов) посвящен п. 6.254. Изложим его вкратце, используя нашу терминологию. Вначале утверждается, что ИВ от использования актива «имеют тенденцию сокращаться с течением времени». При этом динамика снижения может быть разной, хотя конкретных рекомендаций в СНС-2008 не дается. Наиболее простой случай – когда ИВ «остается постоянной до момента прекращения существования актива, как, например, в случае с электрической лампочкой». В других случаях ИВ «снижается линейно или по экспоненте в течение срока службы актива». Если же снижение ИВ «происходит относительно медленно в течение начальных лет, но затем резко возрастает со временем, применяются гиперболические функции». Рассмотрим эти случаи подробнее.

В оценочной литературе нередко рекомендуют принимать допущение о постоянстве ИВ на протяжении срока службы (см., к примеру, (Федотова, 2018, пп. 7.2–7.3; Асаул и др., 2011, пп. 5.1 и 5.3)). В наших обозначениях оно имеет вид $b(t, T) = 1$. Между тем такое допущение не согласуется с результатами наблюдений, а выводимая из него зависимость стоимости машин от возраста не согласуется с рыночными данными. Неубедителен и пример с электрической лампочкой: срок ее службы случайный, а вероятность ее отказа с возрастом растет.

Более адекватно описывает процесс деградации машин допущение о линейном

снижении ИВ с возрастом: $b(t, T) = 1 - t/T$. И действительно в ряде исследований выявлена линейная зависимость годовой производительности и операционных затрат от возраста. Эта ситуация подробно исследовалась нами, например, в (Смоляк, 2016, 2020) и более ранних работах. Однако важно отметить, что линейный характер указанной зависимости выявлен по данным наблюдений за небольшими группами машин не слишком большого возраста в течение сравнительно небольшого периода (до 5 лет). Поэтому считать, что $b(t, T) = 1 - t/T$ для всех $t < T$ было бы необоснованным.

Экспоненциальную зависимость $b(t, T) = e^{-\alpha(T)t}$ используют в системе национальных счетов США и некоторых других стран. Однако она имеет тот недостаток, что функция $b(t, T)$ в конце срока службы не обращается в нуль. Исправить положение можно по-разному. Так, в (Смоляк, 2016, 2019) исследовалась зависимость $b(t, T) = \frac{e^{\alpha(1-t/T)} - 1}{e^\alpha - 1}$.

В системе национальных счетов РФ (как и Австралии, Республики Корея и Нидерландов) снижение ИВ активов с возрастом описывается гиперболической зависимостью. В частности, согласно СНС-2008, для машин и оборудования она имеет вид

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

Если принять, что срок службы машин имеет распределение Вейбулла, а динамика ИВ описывается моделью (5), то формула (4) для вычисления соответствующих коэффициентов годности при этом примет следующий вид:

$$k_0(t) = \int_0^T \left\{ \frac{\int_0^T \frac{1-s/T}{1-0,5s/T} e^{-r(s-t)} ds}{\int_0^T \frac{1-s/T}{1-0,5s/T} e^{-rs} ds} \right\} \times \frac{\beta T^{\beta-1}}{N^\beta} e^{(t/N)^\beta - (T/N)^\beta} dT. \quad (6)$$

Подчеркнем, что эта формула получена при сделанном в разделе 3 допущении о нулевой утилизационной стоимости машин. Поэтому обозначение коэффициента годности здесь снабжено нижним индексом 0.

5. БОЛЕЕ РЕАЛИСТИЧНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ

При построении модели был сделан ряд явно нереалистичных допущений, что может поставить под сомнения применимость формулы (6). Ниже мы постараемся это исправить.

Учет инфляции. В модели предполагалось отсутствие инфляции, хотя, конечно, цены в стране все время меняются. Учесть динамику цен на все виды товаров, работ и услуг в данной модели можно только приближенно. Соответствующий подход был предложен нами в (Смоляк, 2016). Он основан на менее жестком допущении, что инфляция одинаково влияет на стоимости машин разного возраста. В этом случае темпы роста цен на первичном и вторичном рынке машин совпадают, а коэффициенты годности со временем не изменяются. Правомочность такого допущения подтверждается анализом таблиц процентов годности, используемых в разных штатах США в разные годы. Согласуется оно и со сложившейся практикой оценки реальных активов, когда для определения коэффициентов годности используются данные о ценах машин в предшествующий период. В (Смоляк, 2016) показано, что в этом случае модель остается без изменения, однако в качестве ставки дисконтирования (r) в ней необходимо принять номинальную рыночную ставку за вычетом темпа роста цен на машины соответствующей марки на первичном рынке.

Учет утилизационной стоимости. Обозначим через u относительную утилизационную стоимость машины – отношение ее утилизационной стоимости к стоимости новой машины той же марки. Ранее мы приняли,

что $u = 0$, однако обычно $u = 0,04 \dots 0,10$. Если принять, что значение u не зависит от возраста машины, то, как показано в (Смоляк, 2016), коэффициент годности машины $k(t)$ возраста t лет будет получаться из $k_0(t)$ линейным преобразованием:

$$k(t) = (1-u)k_0(t) + u. \quad (7)$$

Смысл формулы (7) можно пояснить так. Стоимость машины включает ее стоимость как машины (т.е. как средства производства продукта) и ее стоимость как объекта утилизации. При этом с возрастом первая часть меняется согласно построенной модели, а вторая остается неизменной. Аналогично ведут себя и коэффициенты годности.

В следующем разделе мы приведем примеры применения формул (6), (7).

6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ

Для установления типичных зависимостей коэффициентов годности от возраста при разных средних сроках службы (S , годы) и разных ставках дисконтирования (r , 1/год) были проведены соответствующие расчеты по формуле (6). В разделе 2 мы выделили три

категории машин, у которых параметр формы распределения Вейбулла β составляет соответственно 3,71; 2,25 и 1,57. Значения параметра масштаба распределения Вейбулла (N) определялись при этом по вытекающей из (1) формуле $N = S/\Gamma(1+1/\beta)$.

При графическом представлении этих результатов было учтено следующее важное обстоятельство. Зависимости $k_0(t)$ при разных средних сроках службы (S , годы) плохо размещаются на одном графике. Чтобы обеспечить их сопоставимость и должную наглядность, в (Лейфер, Кашникова, 2008; Лейфер, 2019) было предложено рассматривать коэффициенты годности как функции от относительного возраста $\tau = t/S$ – отношения возраста к среднему сроку службы.

На рис. 1 представлены зависимости коэффициентов годности (k_0) от относительного возраста $\tau = t/S$ для машин второй категории ($\beta = 2,25$, $\nu = 0,47$).

Как видим, зависимости, относящиеся к разным средним срокам службы, оказываются достаточно близкими (такая же ситуация имеет место и для других категорий машин). На этом основании следующие графики относятся только к среднему сроку службы $S = 20$ лет.

На рис. 2 представлены зависимости k_0 от τ для разных ставок дисконтирования.

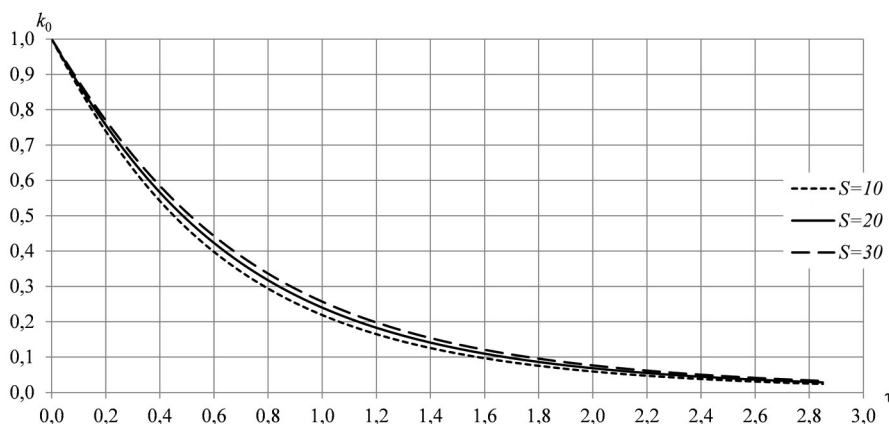


Рис. 1. Зависимости коэффициента годности машин второй категории от относительного возраста для разных средних сроков службы (S) при $r = 0,08$

Как видим, изменение ставки мало влияет на коэффициенты годности. Поэтому достаточно точного установления ставок дисконтирования при оценке машин не требуется.

В то же время изменение коэффициента вариации срока службы v (или, что то же, параметра β) существенно влияет на динамику коэффициентов годности. Как видно из рис. 3, с ростом v значения этих коэффициентов растут.

Поскольку зависимости $k_0(t)$ для трех указанных категорий машин сильно отличаются, возникает естественное желание раз-

делять машины на большее число категорий. Однако в этом случае понадобится указать те доступные для оценщиков признаки, по которым каждую оцениваемую машину можно отнести к той или иной категории. К сожалению, сделать это не удастся.

При оценке машин и зданий широко используется *метод срока службы* (Асаул и др., 2011; Федотова, 2018), основанный на допущении, что износ (обесценение) машины растет пропорционально ее возрасту, а в конце срока службы достигает 100% (этот метод использован и в (Лейфер, Кашникова, 2008) для

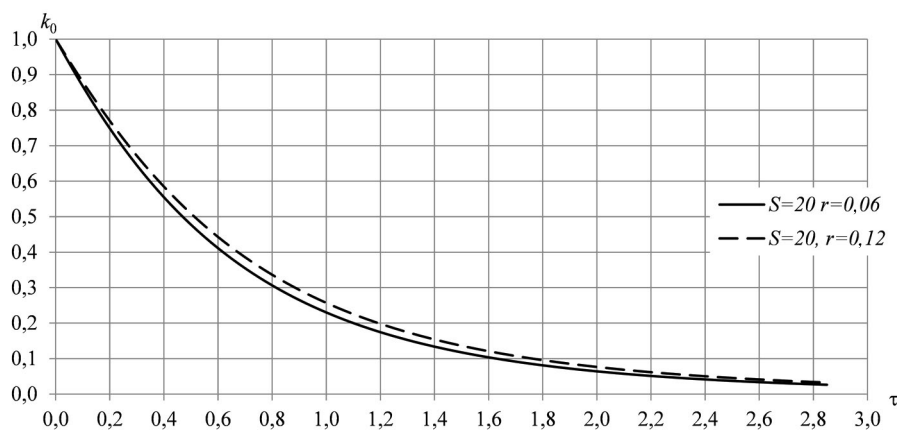


Рис. 2. Зависимости коэффициента годности машин второй категории от относительного возраста для разных ставок дисконтирования (r) при $S = 20$ лет

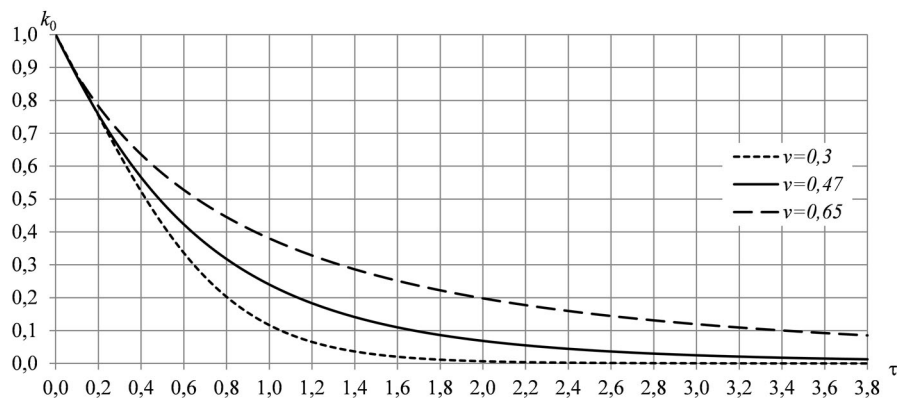


Рис. 3. Зависимости коэффициента годности от относительного возраста для разных категорий машин при $r = 0,08$, $S = 20$

оценки среднего остаточного срока службы машин). Между тем из построенной модели и рис. 1–3 вытекает явно нелинейный характер этой зависимости, что доказывает неприменимость метода срока службы, особенно для машин, отработавших половину среднего срока службы.

7. ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ

Построенная модель проверялась применительно к экскаваторам ЭО 2621В и бульдозерам Б10М ЧТЗ, по которым имелась информация о нескольких сотнях рыночных цен. В соответствии с рекомендациями раздела 2 машины этих марок могут быть отнесены ко второй категории. Поэтому для них было принято $\nu = 0,47$. Задавалась ставка дисконтирования $r = 0,08$ (как отмечалось в разделе 4, при других ставках результат будет практически таким же). Для обеих марок машин проверка проводилась в следующем порядке:

- по данным первичного рынка оценивалась стоимость новой машины этой марки (стоимость воспроизводства, СВ);
- формировалась выборка поддержанных машин, продаваемых на вторичном рынке, с указанием их возраста в годах (или года изготовления);
- определялись относительные цены выбранных машин (ОЦ, отношения цен к СВ);
- с использованием данных о ценах машин, продаваемых в лом, оценивалась относительная утилизационная стоимость машин выбранной марки (u). Для экскаваторов мы получили $u = 0,11$; для бульдозеров $u = 0,07$;
- средние сроки службы машин (S , годы) подбирались так, чтобы минимизировать средний квадрат отклонений рассчитанных по формулам (6) и (7) коэффициентов годности выбранных машин $k(t)$ от их относительных цен. Для экскаваторов найдено $S = 11,3$, для бульдозеров $S = 10,0$;

• учитывая большие объемы выборок, мы провели аналогичный расчет, в котором по указанному критерию подбирался коэффициент и одновременно среднее значение вариации срока службы (ν и S). Здесь для экскаваторов получилось $S = 11,3$; $\nu = 0,49$, для бульдозеров – $S = 10,9$; $\nu = 0,42$. Отметим, что такая процедура позволяет, пусть и приближенно, оценивать параметры надежности машин (S и ν), не опираясь на результаты испытаний машин на долговечность;

• построенные зависимости сравнивались с предложенными ранее в литературе оценками коэффициентов годности тех же машин.

На рис. 4, 5 представлены результаты сопоставления коэффициентов годности и ОЦ для экскаваторов и бульдозеров. Полученные значения коэффициентов годности сопоставлялись с рассчитанными иными методами. Оказалось, что из известных методов значения ОЦ лучше всего аппроксимируются экспоненциальной зависимостью $k(t) = a + be^{-\gamma t}$, рекомендованной в (Смоляк, 2016; Лейфер, 2019). Однако при использовании предлагаемого метода среднеквадратичная ошибка аппроксимации немного меньше.

Сравнение сплошной и пунктирной линий на рис. 5 свидетельствует об устойчивости предложенного метода: если принять значение ν средним для данной категории машин, а не пытаться его оценивать, это мало повлияет на значения коэффициентов годности.

Рисунки 4, 5 иллюстрируют типичный для вторичного рынка довольно большой разброс цен машин одного возраста. По этой причине нельзя согласиться с рекомендациями (Федотова, 2018, с. 147–153) оценивать поддержанную машину по данным о цене нескольких аналогичных машин того же или близкого возраста. Это может привести к значительным ошибкам. В то же время если в тех же целях опираться на цены *новых* машин той же марки (о чем говорилось в разделе 3), то результаты оценки окажутся более надежными.

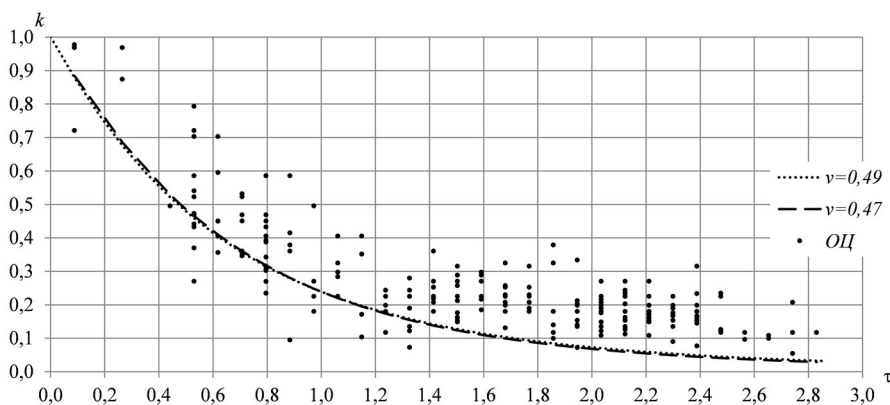


Рис. 4. Зависимости коэффициентов годности и относительных цен экскаваторов ЭО 2621В от относительного возраста

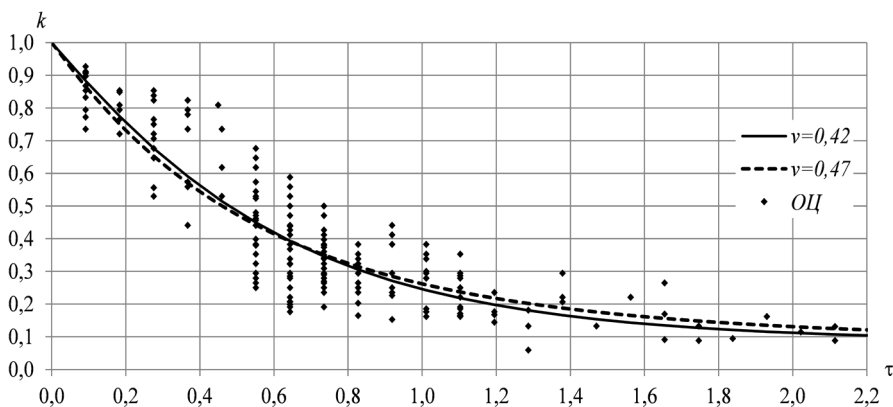


Рис. 5. Зависимости коэффициентов годности и относительных цен бульдозеров Б10М ЧТЗ от относительного возраста

8. НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

Предложенный метод определения коэффициентов годности машин для оценки их стоимости позволяет учесть неопределенность сроков службы машин. При этом может быть использована и информация о виде вероятностного распределения этих сроков, если такая информация имеется. Обычно принимается, что сроки службы машин имеют распределение логнормальное или Вейбулла (что, по нашему мнению, предпочтительнее), а пара-

метры распределения оцениваются по данным испытаний машин на долговечность. Однако построенная модель позволяет оценить параметры распределения сроков службы и по данным о ценах машин на вторичном рынке. Результаты экспериментальных расчетов подтверждают нелинейный характер зависимости стоимости машин от возраста, что лишний раз демонстрирует некорректность широко используемого оценщиками *метода срока службы*, в котором подобная зависимость принимается линейной. Нередко подержанную машину оценивают по данным о ценах нескольких ана-

логичных машин того же или близкого возраста. Мы показываем нецелесообразность применения такого метода. Установлено, что средний срок службы машин и ставка дисконтирования слабо влияют на зависимости коэффициентов годности машин от относительного возраста. Тем самым при использовании предложенной модели к точности указанных показателей предъявляются лишь минимальные требования. Это позволило предложить зависимости коэффициентов годности машин от их относительного возраста для трех категорий машин, что облегчает практическое использование предложенной модели.

Список литературы / References

- Асаул А.Н., Старинский В.Н., Бездудная А.Г., Старовойтов М.К. (2011). Оценка машин, оборудования и транспортных средств. СПб.: ИПЭВ. [Asaul A.N., Starinsky V.N., Bezudnaya A.G., Starovoitov M.K. (2011). Machinery, equipment and vehicles valuation. St. Petersburg: IPEV Pubs. (in Russian).]
- Ковалев А. 2016. Определение срока службы машин и оборудования при их стоимостной оценке // Имущественные отношения в Российской Федерации. № 10. С. 73–81. [Kovalyov A. (2016). Calculation of the service life of machinery and equipment in their valuation. *Property Relations in the Russian Federation*, no. 10, pp. 73–81 (in Russian).]
- Лейфер Л.А. (ред.). (2019). Справочник оценщика машин и оборудования. Корректирующие коэффициенты и характеристики рынка машин и оборудования. 2-е изд. Нижний Новгород: Приволжский центр методического и информационного обеспечения оценки. [Leifer L.A. (Ed.). 2019. Handbook of machinery and equipment appraiser. *Correction factors and characteristics of machinery and equipment market*. 2nd edition. Nizhniy Novgorod: Volga Center for Methodological and Informational Support of Valuation Pubs (in Russian).]
- Лейфер Л.А., Кашникова П.М. (2008). Определение остаточного срока службы машин и оборудования на основе вероятностных моделей // Имущественные отношения в Российской Федерации. № 1. С. 66–79. [Leifer L.A., Kashnikova P.M. 2008. Calculation of the residual life of machinery and equipment based on probabilistic models. *Property Relations in the Russian Federation*, no. 1, pp. 66–79 (in Russian).]
- Международные стандарты оценки (МСО) (2020). Вступают в силу 31 января 2020 г.: пер. с англ. / под ред. И.Л. Артеменкова, С.А. Табаковой. М.: Российское общество оценщиков. [International Valuation Standards (IVS). Effective 31 January 2020 (in Russian).]
- Острейковский В.А. (2003). Теория надежности: учебник для вузов. М.: Высшая школа. [Ostreyskovsky V.A. (2003). Reliability theory: Textbook for high schools. Moscow, Vysshaya Shkola Pubs. (in Russian).]
- Смоляк С.А. (2016). Стоимостная оценка машин и оборудования (секреты метода ДДП). М.: Издательский дом «Опцион». [Smolyak S.A. (2016). Machinery and equipment valuation (secrets of the DCF method). Moscow, Option Pubs. (in Russian).]
- Смоляк С.А. (2017). О вероятностных моделях для оценки остаточного срока службы и износа машин и оборудования // Имущественные отношения в Российской Федерации. № 2 (185). С. 75–87. [Smolyak S.A. (2017). On probabilistic models for machinery and equipment residual life and depreciation estimation. *Property Relations in the Russian Federation*, no. 2 (185), pp. 75–87 (in Russian).]
- Смоляк С.А. (2019). Влияние физического износа машин на динамику их рыночной стоимости // Экономика и математические методы. Т. 55. № 3. С. 141–165. [Smolyak S.A. (2019). Influence of deterioration of machinery and equipment on the dynamics of their market value. *Economics and Mathematical Methods*, no. 55 (3), pp. 141–165 (in Russian).]
- Смоляк С.А. (2020). О динамике обесценения машины со случайным сроком службы // Труды ИСА РАН. Т. 70. Вып. 1. С. 55–64. [Smolyak S.A. (2020). On the dynamics of depreciation

- of equipment with the random service life. *Proceedings of the Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Science*, no. 70 (1), pp. 55–64 (in Russian).]
- СНС-2008. Система национальных счетов 2008. (2012). Европейская Комиссия, Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, Организация объединенных наций, Всемирный банк. Нью-Йорк. [System of National Accounts (2009). (SNA-2008). European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations and World Bank. New York.]
- Федотова М.А. (ред.). (2018). Оценка машин и оборудования: учебник. 2-е изд. М.: ИНФРА-М. [Fedotova M.A. (ed.). (2018). Machinery and equipment valuation: textbook. 2nd ed. Moscow: INFRA-M (in Russian).]
- Althaus D., Braasch A., Schlummer M., Meyna A. (2010). Regarding the importance of the mileage distribution for reliability prognoses in automotive industry. *Journal of KONBiN*, vol. 13 (1).
- Assessors' Handbook 581 (2019). Equipment and Fixtures Index, Percent Good and Valuation Factors. California State Board of Equalization.
- Assessors' Handbook Section 582. (2015). The Explanation of the Derivation of Equipment Percent Good Factors. February 1981. Reprinted January. California State Board of Equalization.
- Baldwin J., Liu H., Tanguay M. (2015). An update of depreciation rates for the canadian productivity accounts. *The Canadian Productivity Review*. Release Date: January.
- Barth N., Cappelen A., Skjerpen T., Todsén S., Abyholm T. (2016). Expected service lives and depreciation profile for capital assets: Evidence based on a survey of Norwegian firms. *Journal of Economic and Social Measurement*, vol. 41, pp. 329–369.
- Lin Y.H., Li Y.F., Zio E. (2014). Integrating random shocks into multi-state physics models of degradation processes for component reliability assessment. *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 64 (1), pp. 154–166.
- Personal Property Manual (2020): Valuation guidelines 2019–2020. Carson City: Nevada Department of Taxation (Nevada).
- Schmalwasser O., Schidlowski M. (2006). Kapitalstockrechnung in Deutschland. *Wirtschaft und Statistik*, vol. 11, pp. 1107–1123.
- System of National Accounts (2009). (SNA-2008) / European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development. New York. United Nations and World Bank.
- Wang Z., Huang H.-Z., Li Y., Xiao N.-C. (2011). An approach to reliability assessment under degradation and shock process. *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 60 (4), pp. 852–863.

Рукопись поступила в редакцию 24.10.2020 г.

VALUATION OF MACHINES WITH A RANDOM SERVICE LIFE BASED ON THE SYSTEM OF NATIONAL ACCOUNTS – 2008

S.A. Smolyak

DOI: 10.33293/1609-1442-2021-2(93)-40-57

Sergey A. Smolyak, Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; smolyak1@yandex.ru

We propose a mathematical model describing the decrease in the market value of machines (depreciation) with age in a situation where its service life is random and has a Weibull distribution. We measure the depreciation of a used machinery item using a goodness factor, that is, the ratio of its value to the value of a similar new machinery item. The model is based on the principle of anticipation of benefits adopted in the valuation theory and the discounting cash flows method. The model takes into account that machine's technical and economic characteristics deteriorate with age and its benefits are reduced according to the hyperbolic dependence adopted in the system of national accounts SNA-2008. We have built the dependences of average machine's goodness factor on its relative age (the ratio of

the actual age to the average service life). Calculations show that the discount rate and average service life have little effect on these dependencies. This made it possible to divide the machines into three categories and propose for each of them its own dependence of the goodness factor on the relative age, which is convenient for practical use in appraisal activities.

Keywords: machinery equipment, valuation, degradation, DCF method, depreciation, percent good factor, service life, Weibull distribution.

Classification JEL: D46, D81.

Manuscript received 24.10.2020

СИСТЕМНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ¹

В.А. Агафонов, Б.А. Ерзнкян

DOI: 10.33293/1609-1442-2021-2(93)-57-71

В настоящее время остро стоит вопрос о совершенствовании системы управления социальным и экономическим развитием. В первую очередь внимание привлекает стратегическая составляющая, значение которой особенно возрастает в связи с задачами реализации национальных проектов, которые должны существенно повлиять на достижение ключевых целей общественного развития. Важное место в процессах совершенствования стратегического управления занимает институциональный аспект. Это обусловлено тем, что такие базовые элементы стратегического управления, как целеполагание и идентификация проблем, а также выработка (принятие) того или иного их решения находятся под значительным влиянием институциональных факторов. Методологической основой являются важные принципы и категории общей теории систем (ОТС): социальное и экономическое развитие (СЭР), структуризация социально-экономической системы (СЭС), целеполагание, анализ проблемных ситуаций в развитии СЭС, система управления этими процессами. Работа адресо-

© Агафонов В.А., Ерзнкян Б.А., 2021 г.

Агафонов Владимир Анатольевич, д.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН, Москва, Россия; v-agafonov@yandex.ru

Ерзнкян Баграт Айкович, д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории ЦЭМИ РАН, Москва, Россия; lvova1955@mail.ru

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-010-01028а).