ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НА ИХ АМОРТИЗАЦИЮ

С.А. Смоляк

DOI: 10.33293/1609-1442-2020-3(90)-34-50

Составление финансовой отчетности по МСФО предполагает выбор такого метода амортизации активов, который наиболее точно отражает предполагаемую структуру потребления будущих экономических выгод от их использования. Однако применительно к машинам и оборудованию выполнять это требование оказывается затруднительным, поскольку не ясно, как надо понимать и измерять экономические выгоды от использования таких активов и структуру их потребления. По нашему мнению, потребление будущих экономических выгод от использования актива отражается в его справедливой стоимости, а амортизация актива за некоторый период выражает уменьшение справедливой стоимости актива в этом периоде. С этой позиции выбирать необходимо такой метод амортизации, при использовании которого балансовые стоимости активов оказываются возможно ближе к их справедливым стоимостям. Мы показываем, что часто используемый линейный метод амортизации не обеспечивает выполнения этого требования даже для актива, ежегодно приносящего одинаковые выгоды. Статья посвящена выбору наиболее подходящего метода амортизации машин и оборудования. По нашему мнению, при этом необходимо учитывать динамику процессов их деградации (ухудшения эксплуатационных характеристик). В связи с этим мы приводим многочисленные данные о снижении производительности и росте операционных затрат различных видов машин и оборудования с возрастом. Их анализ позволяет предложить простую линейную модель деградации машин и основанный на ней метод амортизации. Этот метод оказывается сходным с методом суммы чисел лет срока полезного использования и может рассматриваться как обобщение этого метода. Возможность его применения к измерению амортизации реальных машин подтверждается результатами экономико-математического моделирования и экспериментальных расчетов.

Ключевые слова: машины, оборудование, производительность, операционные затраты, выгоды, деградация, балансовая стоимость, справедливая стоимость, остаточная стоимость, амортизация.

JEL: D46, M41.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Настоящая статья посвящена выбору метода начисления амортизации машин и оборудования (далее – машин). Укажем вначале основные положения МСФО 16 «Основные средства», относящиеся к решению этой проблемы, наша терминология может отличаться от официального перевода МСФО 16.

Так, по каждой признанной в отчетности машине МСФО 16 требует определять ряд стоимостных характеристик.

Себестоимость – затраты на получение актива в собственность и пользование (включая цену приобретения, расходы на доставку и ввод в эксплуатацию, а также прогнозируемые затраты на демонтаж по окончании эксплуатации).

Справедливая стоимость – цена, которая была бы получена при продаже машины при проведении операции на добровольной основе между участниками рынка[1] на дату оценки.

Балансовая стоимость – стоимость, по которой машина признана в отчетности. На момент признания принимается в размере себестоимости, далее уменьшается на суммы

© Смоляк С.А., 2020 г.

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

[1] В п. 24 МСФО 13 «Оценка справедливой стоимости» дополнительно указывается, что продажа осуществляется на основном (или наиболее выгодном) рынке.

амортизационных отчислений и убытков от обесценения. Если предприятие применяет модель учета по переоцененной стоимости, то при каждой переоценке балансовая стоимость машины переоценивается до уровня справедливой стоимости.

Первоначальная (в МСФО – валовая балансовая стоимость (gross carrying amount)). На момент признания совпадает с балансовой стоимостью. Если предприятие применяет модель учета по фактическим затратам, то первоначальная стоимость машины далее не меняется. Если же оно использует модель учета по переоцененной стоимости, то при каждой переоценке первоначальная стоимость машины также переоценивается.

Срок полезного использования (СПИ) – период времени, на протяжении которого, как ожидается, машина будет использоваться предприятием, или количество единиц продукции, которое предприятие ожидает получить от использования машины. Этот срок определяется с точки зрения ожидаемой полезности машины для предприятия.

Остаточная стоимость – расчетная сумма, которую предприятие получило бы на текущий момент от выбытия машины после вычета предполагаемых затрат на выбытие, если бы машина уже достигла конца СПИ и состояния, характерного для конца СПИ.

Амортизируемая стоимость (в МСФО – амортизируемая величина (depreciable amount)) – разница между первоначальной и остаточной стоимостями. Она подлежит погашению в течение СПИ. При этом на каждый период в течение этого срока относится определенная сумма амортизационных отчислений. Каковы именно эти суммы, зависит от выбранного метода амортизации. В п. 62 МСФО 16 записано: «для погашения амортизируемой величины актива на протяжении срока его полезного использования могут применяться различные методы» и далее упоминаются три метода: линейный (straight-line method), уменьшаемого остатка (diminishing balance method) и производственный (units of production method).

Соответствующие положения ПБУ 6/01 (п. 19) несколько отличаются[2]:

1) методы начисления амортизации именуются способами;

2) производственный метод именуется способом списания стоимости пропорционально объему продукции (работ);

3) добавлен *метод суммы чисел* лет срока полезного использования (МСЧ, Sum of the years' digits method, SYD);

4) перечень допустимых методов сделан исчерпывающим[3].

Рассмотрим динамику размеров годовой амортизации реального актива при разных методах ее начисления. При этом ограничимся случаем, когда:

- актив признается в учете сразу после его изготовления (в возрасте 0 лет) и используется предприятием до окончания срока полезного использования, составляющего T лет;
- амортизируемая стоимость актива составляет V_0;
- в процессе использования актив не подвергается реконструкции или модернизации;
- инфляция отсутствует, не изменяются рыночные процентные ставки и доходности инвестиций, не происходит значительных изменений на рынке аналогичных активов и в технических, рыночных, экономических или правовых условиях использования актива. Тогда согласно МСФО 36 не изменяется принятая предприятием ставка дисконтирования и не происходит обесценения актива.

При использовании линейного метода в каждом году начисляемая амортизация будет составлять V_0/T.

---

[2] Российский нормативный документ ПБУ не имеет официального перевода на английский. В то же время текст МСФО 16 – официальный перевод IAS 16 на русский.

[3] МСФО 16 допускает иные методы амортизации, кроме упомянутых, а ПБУ 6/01 не допускает. Выше указано: «могут применяться различные методы». А ПБУ разрешает применять только четыре указанных метода.

При использовании МСЧ за год n амортизация актива A_n и ставка амортизации $a_n = A_n/V_0$ будут убывать пропорционально оставшемуся сроку службы актива и составят соответственно

$$A_n = \frac{2(T+1-n)}{T(T+1)}V_0, \quad a_n = \frac{2(T+1-n)}{T(T+1)}. \qquad (1)$$

При использовании метода уменьшаемого остатка сумма годовой амортизации также будет убывать, но по другому закону. Здесь за год n использования актива будет начислена амортизация в сумме $\frac{k}{T}\left(1-\frac{k}{T}\right)^{n-1}V_0$, где k – коэффициент ускорения, устанавливаемый организацией (в США он обычно принимается на уровне 1,5 или 2,0; в Российской Федерации согласно ПБУ 6/1 он может приниматься на уровне не выше 3,0).

От того, какой метод амортизации будет использовать предприятие, зависят его показатели в финансовой отчетности. Естественно, что при этом возникает задача выбора наиболее подходящего метода амортизации. Имеется большая литература, посвященная этой тематике, однако чаще всего при этом обращается внимание на то, как повлияет выбор метода амортизации на размеры уплачиваемых налогов (Wakeman, 1980; Berg, Moore, 1989; De Waegenaere, Wielhouwer, 2002), инвестиционную активность (Jackson, Liu et al., 2009) или на цену, по которой активы продаются по истечении срока их полезного использования (Jackson, Rodgers et al., 2010).

Мы рассматриваем *тот же вопрос с иных позиций*. Дело в том, что от выбора метода амортизации зависит прежде всего балансовая стоимость активов предприятия. Однако участников рынка обычно *интересует справедливая стоимость* этих активов. Поэтому нас будет интересовать, при каком методе амортизации балансовая стоимость активов будет возможно ближе к их справедливой стоимости.

Начнем с того, что в момент признания актива его балансовая стоимость чаще всего мало отклоняется от справедливой, однако *последующее соотношение* между этими стоимостями *зависит от выбранной предприятием модели учета*.

Если предприятие применяет модель учета по фактическим затратам, то первоначальная стоимость актива в процессе его использования не меняется, а разрыв между балансовой и справедливой стоимостями будет только увеличиваться, хотя бы за счет инфляции.

Однако далее мы будем ориентироваться на то, что предприятие применяет модель учета по *переоцененнной стоимости* (термин МСФО 16). В этом случае при переоценках активы согласно МСФО 16 оцениваются по справедливой стоимости. Поэтому каждый раз на дату переоценки балансовая стоимость будет совпадать со справедливой. Казалось бы, согласно такой модели у любого актива балансовая стоимость будет всегда близка к справедливой. К сожалению, это не так. Дело в том, что переоценка активов – сложная и трудоемкая работа, и ее выполняют нечасто. А в промежутках между последовательными переоценками балансовая стоимость активов ежегодно уменьшается на сумму амортизации и убытков от обесценивания. При этом *неадекватно выбранный метод амортизации может увеличить отклонение балансовой стоимости активов от их справедливой стоимости*.

С нашей позиции «*правильным*», «*справедливым*» *методом амортизации будет такой, при котором балансовая стоимость активов будет близка к их справедливой стоимости*. На первый взгляд такая позиция не соответствует п. 60 МСФО 16, где записано следующее: «используемый метод амортизации должен отражать предполагаемую структуру потребления предприятием будущих экономических выгод от актива». Однако, как будет показано далее, противоречия здесь нет, поскольку потребление выгод от использования актива в конечном счете отражается в справедливой стоимости этого актива. Более того, при нашем подходе «справедливость» того или иного метода амортизации можно измерить количественно (сопоставив рассчи-

танные значения балансовой и справедливой стоимости актива), тогда как методы измерения «структуры потребления будущих экономических выгод, заключенных в активе» ни в МСФО, ни в экономической литературе не описываются.

Вероятно, каждому классу активов будет отвечать свой «справедливый» метод. Поэтому далее мы будем рассматривать только один из них – машины и оборудование (в п. 37 МСФО 16 – класса *c*, хотя, возможно, излагаемые ниже положения могут относиться и к классам *d* и *f*).

Таким образом, основной целью данной статьи является установление «справедливого» метода амортизации машин. В этих целях мы будем опираться как на *общие принципы стоимостной оценки*, так и на экономико-математические модели процесса использования машин.

2. МАШИНЫ И ВЫГОДЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Мы рассматриваем машины как обращающиеся на рынке объекты, изготавливаемые серийно по определенному проекту. Этот проект также определяет и *назначение* машины. Использование машины по своему назначению называется *эксплуатацией*.

В процессе эксплуатации состояние машины изменяется. Состояние машины, не вступившей в эксплуатацию, называется *новым*. Машины в новом состоянии обращаются на *первичном* рынке. После ввода в эксплуатацию машина становится *подержанной*. Такие машины обращаются на *вторичном* рынке.

Имеется много различных классификаций машин. Для наших целей мы ограничимся наиболее простой из них: тип → вид → марка.

Машины, идентичные в новом состоянии, будем относить к одной *марке* (в машиностроении чаще используют термины «модель», «модификация» и др.). При таком определении все машины одной марки в новом состоянии рассматриваются как точные *аналоги* (точные *копии*) друг друга.

Машины разных марок, близкие по своим функциональным возможностям и (или) характеристикам, будем относить к одному *виду*. Их можно рассматривать как «более близкие», но неточные аналоги друг друга.

Машины одного назначения относятся к одному *типу*. Их можно рассматривать как *менее точные аналоги* друг друга.

В процессе эксплуатации машина выполняет определенные *работы*, нередко – с участием других машин из технологической цепочки. Обычно машины, производящие одни и те же работы, относятся к одному типу.

Обычно выполняемые машиной работы представляют собой отдельные операции в технологическом процессе производства некоторой обращающейся на рынке (ликвидной) продукции. Иногда такие операции – заключительные, и тогда про машину говорят, что она производит соответствующую продукцию. Однако такую терминологию мы использовать не будем.

Наиболее важными операционными характеристиками машины являются ее *производительность* и *операционные затраты*. Эти показатели отражают соответственно объем выполняемых машиной работ и затраты на выполнение этих работ в единицу времени. Заметим, что в процессе эксплуатации одна и та же машина может выполнять много «разновидностей» одной и той же работы (например, экскаватор может производить отрывание траншей и котлованов, станок – обрабатывать детали разной формы, автомат – наполнять разные емкости разными жидкостями). Поэтому чаще всего производительность машин измеряют в агрегированных единицах работы – кубометрах перемещаемого грунта, штуках обрабатываемых деталей, условных банках консервов и т.п.

Вопрос о том, что такое выгоды от использования машин, дискутируется в оценочном сообществе. Многие оценщики считают, что стоимостная оценка большинства машин

с помощью доходного подхода невозможна, поскольку экономические выгоды от их использования, если они и есть, не поддаются какой-либо оценке. О том же, по сути, записано и в МСО 2017: «Доходный подход может быть применен к оценке машин и оборудования, если в отношении актива… удается выделить конкретные денежные потоки, например, когда рассматривается группа активов, представляющая собой промышленную установку, используемую для производства реализуемой на рынке (ликвидной) продукции. … Использование доходного подхода обычно не представляется практичным для большинства отдельных единиц машин или оборудования» (МСО 300, п. 60.1).

Наша позиция принципиально иная. Мы исходим из того, что рыночную и справедливую стоимости имеют все объекты, обладающие полезностью для участников рынка. Разумеется, сами машины, коль скоро они обращаются на рынке, имеют полезность для участников рынка и потому имеют и рыночную, и справедливую стоимости. Но и те работы, для выполнения которых предназначены машины определенной марки, также имеют полезность для участников рынка и потому также имеют и рыночную, и справедливую стоимости. Поэтому не случайно, например, *Международные стандарты оценки* относят работы к числу объектов стоимостной оценки. Более того, имеются различные методы стоимостной оценки работ, и некоторые из них применяются на практике (например, при оценке работ, связанных с ремонтом автомобилей или помещений).

Учитывая изложенные соображения, мы можем по аналогии с (Смоляк, 2016) определить *выгоды от эксплуатации машины в некотором периоде времени как справедливую стоимость выполненных в этом периоде работ за вычетом операционных затрат.* Так, определенные выгоды близки по содержанию и величине к используемым в несколько иных целях показателям чистого операционного дохода и EBITDA (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization – прибыль до вычета расходов по выплате процентов, налогов, износа и начисленной амортизации). Более того, они отражают и вклад машины в прирост справедливой стоимости предприятия, эксплуатирующего машину. Важно также, что введенное определение применимо к любым машинам, даже если производимый ими продукт (работа, услуга) не является ликвидным.

Заметим теперь, что предприятие эксплуатирует машину в течение определенного СПИ, а в конце этого срока признание ее балансовой стоимости прекращается (п. 67 МСФО 16). При этом машина используется уже совершенно иначе (например, продается на вторичном рынке или утилизируется, т.е. разбирается на элементы (например, узлы и детали), которые затем продаются в качестве запасных частей или металлолома). Чистый доход от такого вида «иного» использования составляет *выгоды от выбытия машины*, которые в МСФО называются ее остаточной стоимостью (residual value). В момент признания балансовой стоимости машины размер этих выгод, конечно, неизвестен, поэтому при определении амортизируемой стоимости и сумм амортизации используется их прогнозное (ожидаемое) значение. Однако далее остаточная стоимость машины и срок полезного использования могут уточняться (согласно п. 51 МСФО 16 эти характеристики «должны пересматриваться, как минимум, один раз в конце каждого отчетного года, и, если ожидания отличаются от предыдущих бухгалтерских оценок, изменения должны отражаться в учете как изменение в бухгалтерской оценке»).

3. СПРАВЕДЛИВАЯ СТОИМОСТЬ И «СПРАВЕДЛИВАЯ АМОРТИЗАЦИЯ»

Согласно п. B10 МСФО 13 при использовании доходного подхода справедливая стоимость машины может определяться

как сумма дисконтированных выгод от ее использования за срок полезного использования (включая и выгоды от выбытия).

Отметим, что во многих случаях, как указано в *Европейских стандартах оценки* (ECO 2016), справедливая стоимость активов близка к их рыночной стоимости или совпадает с ней (п. 6.6.1 EPO 1). Однако эти стоимости могут различаться, если участники рынка полагают, что в будущем актив может быть более эффективно использован по иному назначению (п. 6.6.2 EPO 1). Правда, последнее к машинам и оборудованию не относится, поэтому далее мы не будем подчеркивать принципиальных различий между их справедливой и рыночной стоимостями.

Начиная с этого раздела, мы будем рассматривать только машины определенной марки разного возраста, так что термин «машины», если не указано иное, будет относиться только к машинам этой марки.

Для того чтобы выяснить, как влияют выгоды от использования машин на их стоимость и амортизацию, далее, вплоть до раздела 8, мы ограничимся рассмотрением следующей *базовой* ситуации:

- предприятие использует машины разного возраста, приобретаемые по рыночной стоимости. Все машины этой марки используются одинаково и по своему назначению и не подвергаются реконструкции или модернизации;
- инфляция отсутствует, не изменяются рыночные процентные ставки и доходности инвестиций, не происходит значительных изменений на рынке машин и в технических, рыночных, экономических или правовых условиях их использования. Соответственно (согласно МСФО 36), не изменяется принятая предприятием ставка дисконтирования и не происходит обесценение машин;
- все машины имеют один и тот же СПИ. Он составляет T лет и не изменяется в процессе эксплуатации машин;
- годовые выгоды от эксплуатации каждой машины поступают в конце каждого года;
- остаточная стоимость машин равна нулю.

Общая идея предлагаемых моделей сводится к следующему.

Допустим, что мы проанализировали данные об использовании машин разного возраста в предыдущем году и по этим данным определили размер принесенных ими выгод. Пусть B_n – выгоды, принесенные машинами на году n их эксплуатации (в начале предыдущего года они имели возраст (n – 1) год), E – годовая ставка дисконтирования. Поскольку инфляции нет, то и в дальнейшем машина, достигшая возраста (n – 1) год ($n < T$), будет приносить годовые выгоды в размере B_n. Ее справедливую стоимость (V_{n-1}) на начало текущего года теперь можно найти, суммируя дисконтированные выгоды от ее эксплуатации за (T – n) последующих лет использования (выгоды от выбытия машины в данном случае нулевые):

$$V_{n-1} = \sum_{t=n}^{T-1} \frac{B_t}{(1+E)^{t-n+1}}. \qquad (2)$$

Заметим теперь, что в конце текущего года (т.е. практически в начале следующего) машине исполнится ровно n лет. Но за текущий год не изменятся ни ситуация на рынке, ни ставки дисконтирования, ни цены идентичных товаров, работ и услуг. Поэтому машина в возрасте n лет в конце текущего года будет иметь справедливую стоимость точно такую же, что и машина того же возраста в начале года, т.е. V_n. Таким образом, мы получаем, что машина, имевшая справедливую стоимость V_{n-1} в начале года, будет иметь стоимость V_n в конце года. Значит, часть ее стоимости в размере $A_n = V_{n-1} - V_n$ переносится на стоимость производимой предприятием продукции в процессе «потребления приносимых машиной выгод». Поэтому указанную разность A_n естественно рассматривать как «*справедливую амортизацию*» (СА) машины за текущий год. Чтобы пояснить ее экономический смысл, заметим, что равенство (2) для машин возраста n лет принимает вид

$$V_n = \sum_{t=n+1}^{T-1} \frac{B_t}{(1+E)^{t-n}}.$$

Отсюда и из (2) вытекает, что

$$V_{n-1} = \frac{B_n}{1+E} + \frac{1}{1+E} \sum_{t=n+1}^{T-1} \frac{B_t}{(1+E)^{t-n}} =$$
$$= \frac{B_n}{1+E} + \frac{V_n}{1+E}.$$

Но тогда

$$B_n = \left(V_{n-1} - V_n\right) + EV_{n-1}. \quad (3)$$

Это значит, что годовые выгоды от эксплуатации машины раскладываются на две составляющие:

- уменьшение стоимости машины за год, т.е. ее СА, отражаемую в составе расходов на выполнение машиной определенных работ;
- нормальную прибыль на вложенный в машину капитал. При этом капитал, вложенный в машину, измеряется ее справедливой стоимостью, а за нормальную доходность инвестиций принимается ставка дисконтирования.

4. СПРАВЕДЛИВАЯ АМОРТИЗАЦИЯ «НЕИЗНАШИВАЮЩЕЙСЯ» МАШИНЫ

Другая идея, положенная в основу данной статьи, состоит в том, что совершенно не обязательно измерять выгоды от оцениваемой машины для того, чтобы оценить ее стоимость и размеры справедливой амортизации.

В этом разделе мы рассмотрим ситуацию, когда о машинах данной марки известно только, что на протяжении СПИ их производительность и операционные затраты *не изменяются*. В таком случае, учитывая отсутствие инфляции, мы можем утверждать, что и приносимые машиной выгоды не зависят от ее возраста. Другими словами, такая машина в определенном смысле не изнашивается, ее технические характеристики на протяжении срока службы не меняются.

Выясним, как в этом случае должна определяться СА машины.

Пример 1. Ставка дисконтирования составляет E = 0,1 = 10% годовых. Справедливая стоимость машины в новом состоянии V_0 = 1000 д.е., ее СПИ – T = 10 лет. Определим размеры СА машины по годам ее использования.

Обозначим через B (*неизвестные*) годовые выгоды от эксплуатации машины. Тогда стоимость машины в возрасте ровно n лет (в начале года (n + 1) эксплутатации) будет равна сумме дисконтированных выгод от ее последующей эксплуатации (напомним, что в нашей ситуации выгоды от выбытия машины равны нулю) и составит

$$V_n = \frac{B}{1+E} + \frac{B}{(1+E)^2} + \ldots + \frac{B}{(1+E)^{T-n}} =$$
$$= \frac{B}{E}\left[1 - \frac{1}{(1+E)^{T-n}}\right] = Bf\left(E, T-n\right), \quad (4)$$

где $f(E, T - n)$ – функция единичного аннуитета (Present Value Interest Factor of Annuity, PVIFA, в Excel вычисляется с помощью функции ПС (функции в среде Excel)).

При n = 0 эта формула дает стоимость машины в новом состоянии (возраста 0 лет): $V_0 = Bf(E, T)$. Отсюда можно найти приносимые машиной годовые выгоды[4]:

$$B = \frac{V_0}{f\left(E,T\right)}.$$

Подставив это в формулу (4), получим

$$V_n = V_0 \frac{f\left(E, T-n\right)}{f\left(E,T\right)}. \quad (5)$$

[4] Заметим, что такой метод калибровки модели (определения ненаблюдаемой величины выгод по известной справедливой стоимости машины на дату ее признания) полностью соответствует требованию п. 64 МСФО 13.

Поскольку в начале года n эксплуатации стоимость машины составляла V_{n-1}, а в конце этого года – V_n, то за этот год стоимость машины уменьшилась на $V_{n-1} - V_n$. Эта разность и отразит размер справедливой амортизации машины в этом году (A_n):

$$A_n = V_{n-1} - V_n = \\ = V_0 \frac{f(E,T-n+1) - f(E,T-n)}{f(E,T)} = \\ = \frac{V_0}{f(E,T)(1+E)^{T-n+1}}. \quad (6)$$

Ставка СА a_n, т.е. сумма СА, отнесенная к первоначальной стоимости машины (в данном случае она совпадает с амортизируемой стоимостью), при этом будет зависеть только от возраста машины:

$$a_n = \frac{A_n}{V_0} = \frac{1}{f(E,T)(1+E)^{T-n+1}}.$$

Данный метод амортизации известен как метод фонда погашения (sinking fund method).

Результаты (округленные) расчетов по формулам (3) и (4) при $V_0 = 1000$, $E = 0{,}1$ и $T = 10$ представлены в табл. 1. Ставка амортизации (a_n) здесь дана в процентах, а не в долях единицы.

Обратим особое внимание на то, что равномерному потоку выгод от использования машины отвечает явно неравномерная «структура потребления» этих выгод, проявляющаяся в прогрессивном уменьшении стоимости машины (амортизация в последнем году службы более чем вдвое больше, чем в первом году). ■

5. ДЕГРАДАЦИЯ МАШИН

Предположение о неизменности технико-экономических показателей машин на протяжении срока их службы, принятое в разделе 4, часто используется в экономической литературе, а порой закладывается и в технические нормы, например в годовые режимы работы строительных машин (МДС 12-13.2003), или в государственные элементные сметные нормы на строительные работы (ГЭСН 81-02-01-2017). Иногда неизменность характеристик скрывают за оборотами типа «машина, ежегодно приносящая доход в таком-то размере», «машина, имеющая такую-то производительность и такой-то срок службы».

Но существуют ли реально такие машины или оборудование? Некоторые студенты отвечают на этот вопрос положительно, приводя в пример лампы накаливания, выключатель, молоток, авиационный двигатель. Однако у первых четырех объектов СПИ неопределенный. А вот авиационные двигатели действительно должны эксплуатироваться в течение некоторого назначенного срока (ресурса), однако это только потому, что к концу этого срока вероятность их отказа возрастает до недопустимых пределов[5], а это тоже эксплуатационная характеристика (пока не учитывается в бухгалтерском учете).

[5] Теоретически правильным было бы учитывать в составе приносимых машиной выгод ожидаемые потери от отказа машины. Если так поступить, окажется, что выгоды от использования авиационного двигателя в процессе эксплуатации снижаются.

Таблица 1

Амортизация машины (метод фонда погашения) по годам эксплуатации

Показатель	Год (n)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{n-1}	1000	937	868	792	709	617	516	405	282	148
A_n	63	69	76	84	92	101	111	122	135	148
a_n, %	6,3	6,9	7,6	8,4	9,2	10,1	11,1	12,2	13,5	14,8

Таким образом, мы видим, что «неизнашивающаяся» машина, производительность и операционные затраты которой не меняются в течение конечного срока службы, – это экономическая абстракция, что-то вроде кареты Золушки или цветика-семицветика. Для подобных объектов в англоязычной литературе есть специальный термин «one-hoss shay» (так назывался одноконный экипаж из поэмы Оливера Холмса, который все время оставался исправным, но мгновенно разрушался ровно через 100 лет (The Deacon's Masterpiece or, the Wonderful «One-hoss Shay»: A Logical Story)[6] (Measuring Capital, 2009, п. 4.1)). Если бы такими были машины какого-нибудь вида, их амортизацию можно было бы определять по формуле (3). Но пока такой метод при оценке машин не применяется и не упоминается ни в *Международных стандартах оценки*, ни в МСФО. Правда, в (Оценка стоимости…, 2003, с. 106, 693) отмечалось, что изменение стоимости зданий с возрастом хорошо аппроксимируется зависимостью (2), если надлежащим образом подобрать в ней параметр *E* (который при этом уже не может трактоваться как ставка дисконтирования).

Из изложенного следует, что при определении амортизации машин необходимо учитывать тенденцию к ухудшению их основных технико-экономических характеристик в процессе эксплуатации (такое явление в литературе по теории надежности именуется *деградацией*). Причины этого носят в основном физический характер. Так, в ходе эксплуатации меняются техническое состояние отдельных элементов машины и взаимное расположение деталей, а режим работы машины становится «все более нерасчетным» (уменьшается мощность двигателя, повышается расход топлива и смазочных материалов, увеличиваются потери на трение в механизмах, снижаются надежность машины, коэффициент ее использования по времени и т.п.). Со временем нарастает усталость металла несущих конструкций, которая не устраняется ремонтом, поэтому растет вероятность аварийных остановок оборудования. Все это ведет к ухудшению эксплуатационных характеристик машин. О масштабах и характере деградации свидетельствуют данные наблюдений за машинами одной марки разного возраста. Приведем некоторые из опубликованных сведений такого рода (более полные данные приведены в (Смоляк, 2016)).

С возрастом годовая наработка экскаваторов снижается на 2,3–4,2% в год, бульдозеров – на 1,1–2,4% в год, часовая производительность этих машин снижается соответственно на 1–3 и 0,6–1,5% в год (Репин и др., 2015). Там же отмечено, что у транспортно-технологических машин с возрастом годовые эксплуатационные затраты растут на 1–3,4% в год, себестоимость машино-часа – на 5–10% в год. У скреперов, грейдеров, асфальтоукладчиков, катков за 7000 ч наработки себестоимость машино-часа работы возрастает на 40%, а у погрузчиков, бульдозеров – на 30% (Максименко и др., 2009). За 5 лет эксплуатации самосвалов БелАЗ7548 доля затрат на технический сервис возрастает с 8 до 30–35% (Анистратов и др., 2006). У погрузчиков грузоподъемностью 3 т эксплуатационная производительность снижается на 4,8% за каждые 1000 ч наработки двигателя (Максименко, 2011). Эксплуатационная производительность экскаватора ЭО-51262 за 10 тыс. ч наработки снижается в 2,5 раза, а себестоимость машино-часа возрастает в 1,8 раза (Максименко и др., 2014). У строительных машин, двигатели которых использовали свой ресурс более чем на 80%, расход топлива повышается на 10–20% (МДС 12-38.2007). Интенсивность сложных отказов зарубежных тракторов при наработке 6–8 тыс. мото-часов в 3–5 раз больше, чем при наработке 1–2 тыс. мото-часов. Для колесных тракторов, производимых в СНГ, это соотношение составляет 1,5–1,8 (Архипов и др.,

[6] Знаменитый американский писатель Оливер Уэнделл Холмс (1809–1894) – один из разносторонне эрудированных людей своего времени, у себя на родине известен также как блестящий врач и видный ученый-физиолог. См. англ. текст поэмы: http://holyjoe.org/poetry/holmes1.htm.

2003). Годовая наработка сельскохозяйственных тракторов за 8 лет снижается на 25–30%, зерноуборочных комбайнов – на 28% (Нормативно-справочные материалы…, 2008). По мере роста наработки сельскохозяйственных машин непропорционально быстро растут накопленные с начала эксплуатации затраты на их техническое обслуживание и ремонт. Это закреплено в американских стандартах (ASAE D497.7) и российских нормативно-методических документах, например (Нормативно-справочные материалы…, 2008; Методика определения…, 1998).

У металлорежущего оборудования со временем падает точность обработки, из-за чего требуются более частые проверки и подналадки, увеличивается выход бракованной продукции. В результате за 10 лет эксплуатации его производительность снижается на 25%. Нормы расхода топлива автомобилями, находящимися в эксплуатации более 5 лет или с общим пробегом более 100 тыс. км, повышаются до 5%; более 8 лет или с общим пробегом более 150 тыс. км – до 10%[7].

Ухудшение эксплуатационных характеристик судов с возрастом подтверждается еще и тем, что ответственные классификационные общества (типа Регистра Ллойда) ограничивают районы плавания старых судов, требуют чаще предъявлять такие суда для освидетельствования (например, ежегодно, а не раз в 3–5 лет, доковать такие суда для освидетельствования и ремонта подводной части).

В то же время ухудшение эксплуатационных характеристик машин с возрастом – это лишь общая тенденция, а не закон. Дело в том, что оно имеет место лишь в процессе использования машины по назначению. Однако время от времени машину ремонтируют, а после любого ремонта ее техническое состояние улучшается (особенно сильно – после капитального). Правда, затем оно опять начинает ухудшаться (и порой быстрее), вплоть до очередного ремонта. В результате зависимости характеристик машины от возраста приобретают пилообразный характер. Однако учесть это обстоятельство при стоимостной оценке машин оказывается практически невозможным[8]. Поэтому далее «пилообразностью» динамики ее эксплуатационных характеристик мы будем пренебрегать и учитывать лишь общую тенденцию к ухудшению этих характеристик (деградацию).

6. ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ДЕГРАДАЦИИ

Линейная модель деградации (ЛМД), по сути, была среди прочих моделей предложена еще в (Смоляк, 2008). Мы рассмотрим ее при тех же предположениях, что и в начале раздела 3. Введем следующие обозначения: E – ставка дисконтирования; T – срок полезного использования машины; Z_n – операционные затраты машины в году n ее эксплуатации; Q_n – производительность (годовой объем работ) машины в году n ее эксплуатации; p – стоимость единицы производимой машиной работы; V_n – справедливая стоимость машины возраста ровно n лет (в начале года (n + 1) эксплутатации).

При этом V_0 будет справедливой стоимостью машины в новом состоянии (возраста 0 лет); B_n – выгоды от эксплуатации машины в году n ее эксплуатации; A_n – справедливая амортизация (СА) машины в этом году; $a_n = A_n / V_0$ – ставка СА в этом году.

В данной модели принимается, что с возрастом производительность машины

[7] Распоряжение Минтранса России от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р (в ред. от 20.09.2018) «О введении в действие методических рекомендаций “Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте”».

[8] Так, для большинства машин невозможно точно указать, когда именно им будут проводиться капитальные ремонты и как в результате этих ремонтов изменятся производительность и операционные затраты машины.

и операционные затраты изменяются по *линейному* закону:

$$Q_n = Q_1 - b'n, \;\; Z_n = Z_1 + b''n,$$

где b' и b'' – некоторые положительные коэффициенты.

Но тогда годовые выгоды от эксплуатации машины будут с возрастом убывать также по линейному закону:

$$B_n = pQ_n - Z_n = \\ = pQ_1 - Z_1 - (pb' + b'')n = B_1 - cn,$$

где $c = pb' + b''$ – положительный коэффициент.

Учтем теперь, что СПИ машины совпадает с экономическим сроком ее службы. Это значит, что предприятие эксплуатирует машину до тех пор, пока приносимые ею выгоды положительны. На этом основании будем считать, что эксплуатация машины в году T ее службы приносит положительные выгоды, но в следующем, году $(T + 1)$, эти выгоды уже равны нулю. Отсюда вытекает, что выгоды от эксплуатации машины в году n ее службы определяются простой формулой

$$B_n = c(T + 1 - n). \tag{7}$$

Справедливую стоимость машины в возрасте ровно n лет найдем, суммируя дисконтированные выгоды от ее последующей эксплуатации:

$$V_n = \sum_{t=n+1}^{T} \frac{B_t}{(1+E)^{t-n}} = \sum_{t=n+1}^{T} \frac{c(T+1-t)}{(1+E)^{t-n}} = \\ = \frac{c}{E}\left\{T - n - \frac{1}{E}\left[1 - \frac{1}{(1+E)^{T-n}}\right]\right\} = \\ = c\frac{T - n - f(E,T-n)}{E}. \tag{8}$$

Как и ранее, здесь f означает функцию единичного аннуитета.

При $n = 0$ формула (8) дает выражение для стоимости машины в новом состоянии (первоначальную стоимость машины):

$$V_0 = c\frac{T - f(E,T)}{E}. \tag{9}$$

Используя формулу (8) и выражение для функции единичного аннуитета, определим размер СА машины за год эксплуатации n:

$$A_n = V_{n-1} - V_n = \\ = c\frac{1 - f(E,T-n+1) + f(E,T-n)}{E} = \\ = cf(E,T+1-n). \tag{10}$$

Разделив полученную сумму амортизации на первоначальную стоимость машины V_0, определяемую формулой (9), получим ставку СА:

$$a_n = \frac{A_n}{V_0} = h(E,T,n), \tag{11}$$

где $h(E,T,n) = \dfrac{Ef(E,T+1-n)}{T - f(E,T)}$.

Формулы (10), (11) допускают более наглядную трактовку. Рассмотрим машину в начале года t эксплуатации. Ее справедливая стоимость (V_{t-1}) равна сумме СА за год t и последующие годы эксплуатации, т.е. $A_t + \ldots + A_T$. Но согласно формуле (10) все эти СА относятся между собой как $f(E,T-t+1)$: $: f(E,T-t)$: ...: $f(E,1)$. Поэтому для определения A_t, …, A_T необходимо разделить стоимость машины (V_{t-1}) в указанной пропорции. Такой метод по форме аналогичен МСЧ, и его можно назвать обобщенным МСЧ (ОМСЧ). К тому же величины $f(E,T+1-n)$ при малых E близки к числу лет последующего использования:

$$f(E,T+1-n) = \sum_{t=n}^{T} \frac{1}{(1+E)^{t+1-n}} \approx T + 1 - n.$$

Это означает, что при малых ставках дисконтирования предлагаемый метод превращается в МСЧ.

Пример 2. В табл. 2 показан расчет размеров и ставок СА предлагаемым методом

при T = 10 лет, E = 0,1. В последней строке приведены ставки, рассчитанные МСЧ (т.е. при E = 0).

Динамика ставок амортизации (в процентах), рассчитанных по формуле (11) при E = 0,1 и разных СПИ показана на рис. 1 и 2. Там же для сравнения показаны ставки при E = 0, т.е. отвечающие МСЧ. Для наглядности зависимости ставок от возраста машин показаны непрерывными линиями.

Как видим, с увеличением возраста ставки СА прогрессивно убывают. Такая динамика никак не соответствует ни линейному методу амортизации, ни методу уменьшаемого остатка, ни, тем более, модели (3). В то же время ставки, рассчитанные при при E = 0,1 и E = 0, довольно близки.

В следующем разделе мы рассмотрим более реалистичную модель деградации.

7. ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЕГРАДАЦИИ

В разделе 6 производительность машины и операционные затраты с возрастом изменялись по линейному закону.

Между тем, анализ данных об эксплуатационных характеристиках машин показывает, что многие виды машин можно отнести к одной из двух групп. У машин первой группы ухудшение их характеристик прогрессивное – вначале они меняются незначительно, а затем все быстрее и быстрее. Для машин второй группы ситуация обратная – в первые годы эксплуатации основные характеристики ухудшаются сравнительно быстро, а затем все медленнее и медленнее (линейная деградация при этом отвечает некоторой предельной, промежуточной ситуации).

Таблица 2

Амортизация машины с использованием ОМСЧ и МСЧ

Показатель	Год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B_n	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
V_{n-1}	38,55	32,41	26,65	21,32	16,45	12,09	8,30	5,13	2,64	0,91
A_n	6,14	5,76	5,33	4,87	4.36	3,79	3,17	2,49	1,74	0,91
a_n, %	15,9	14,9	13,8	12,6	11,3	9,8	8,2	6,5	4,5	2,4
$a_{МСЧ}$, %	18,2	16,4	14,5	12,7	10,9	9,1	7,3	5,5	3,6	1,8

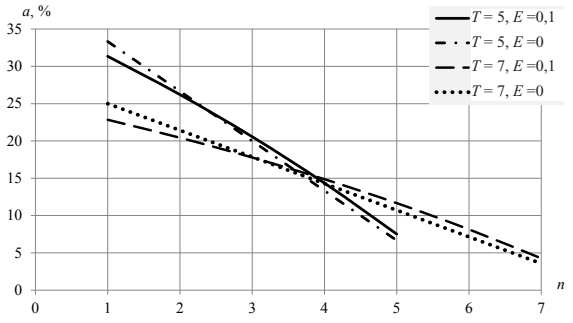

Рис. 1. Зависимость ставок справедливой амортизации (a) от возраста машины для E = 0,1 и E = 0 при СПИ = 5 и 7 лет

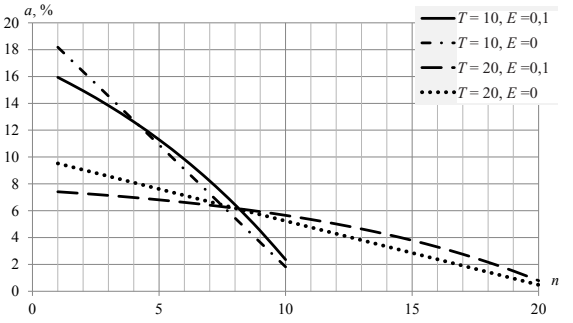

Рис. 2. Зависимость ставок справедливой амортизации (a) от возраста машины для E = 0,1 и E = 0 при СПИ = 10 и 20 лет

На этом основании в (Репин и др., 2015) и других источниках соответствующие зависимости принимаются *экспоненциальными*. Исследуем такую модель деградации, используя при этом те же обозначения, что и в разделе 6. Поскольку ставки СА не зависят от выбора денежных единиц и единиц измерения выполняемых машиной работ, примем за единицу операционные затраты машины в 1-м году эксплуатации и объем работ, выполняемый машиной в этом году, так что $Z_1 = 1$, $Q_1 = 1$. В таком случае зависимости производительности и операционных затрат машин от возраста будет следующими:

$$Q_n = (1-\alpha)^{n-1}, \quad Z_n = (1+\beta)^{n-1}, \tag{12}$$

где α и β – годовые темпы снижения соответственно производительности и роста операционных затрат (малые α и большие β отвечают машинам первой группы, а большие α и малые β – машинам второй группы).

Заметим теперь, что выгоды от эксплуатации машины в n-м году ее эксплуатации с учетом (12) определяются формулой

$$B_n = pQ_n - Z_n = p(1-\alpha)^{n-1} - (1+\beta)^{n-1}. \tag{13}$$

Учитывая, что экономический срок службы машины составляет T лет, потребуем, чтобы машина в году $(T + 1)$ ее эксплуатации приносила нулевые выгоды. Тогда

$$0 = B_{T+1} = p(1-\alpha)^T - (1+\beta)^T,$$

так что

$$p = \left(\frac{1+\beta}{1-\alpha}\right)^T.$$

Подставив это в (13), получим

$$B_n = \frac{(1+\beta)^T}{(1-\alpha)^{T+1-n}} - (1+\beta)^{n-1}.$$

Задав значения α и β, по этой формуле можно рассчитать выгоды от эксплуатации машин разного возраста, а затем, как и в примере 3, найти ставки СА. Однако вместо α и β удобнее задавать более наглядные характеристики машины – коэффициенты изменения производительности (I) и операционных затрат (J) к концу срока службы машины:

$$I = (1-\alpha)^{T-1}, \quad J = (1+\beta)^{T-1}.$$

Данные, приведенные в разделе 5 и (Репин и др., 2015), позволяют сделать вывод, что для реальных машин $1 > I > 0{,}5$; $1 < J < 2$. Результаты расчетов ставок СА для машин разного возраста при некоторых сочетаниях I и J приведены на рис. 3, 4. Там же для сопоставления приведена и зависимость от возраста ставок СА при МСЧ.

Как видим, при модели (12) ставки СА оказываются достаточно близкими к рассчи-

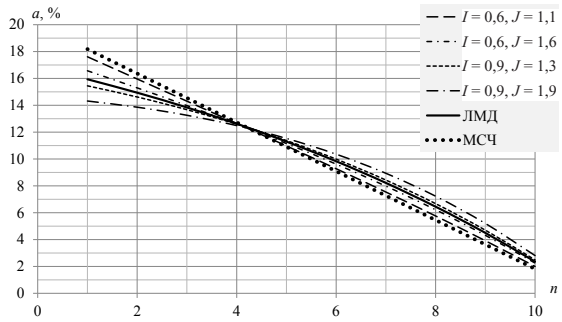

Рис. 3. Ставки СА для машин со СПИ = 10 лет при различных моделях деградации

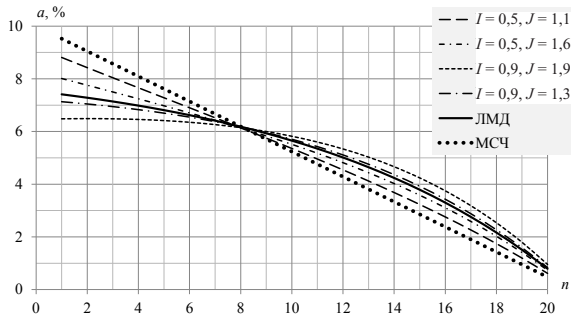

Рис. 4. Ставки СА для машин со СПИ = 20 лет при различных моделях деградации

танным по формуле (11) для ЛМД. При этом ставки, рассчитанные с помощью МСЧ, оказываются в некотором смысле «крайними». Это дает основания считать, что начислять амортизацию для реальных машин целесообразно, опираясь на обобщенный метод суммы чисел, т.е. на формулу (11). Конечно, динамика эксплуатационных характеристик машин каких-то марок может описываться совсем другими зависимостями, для которых соответствующие ставки СА будут вести себя иначе. Однако пока еще возможность такой ситуации не подтверждена.

8. БОЛЕЕ РЕАЛИСТИЧНЫЕ СИТУАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИН

До сих пор мы рассматривали процесс использования машин в базовой ситуации, описанной в начале раздела 3. Выясним, как изменятся полученные результаты, если условия использования машин будут отличаться от базовых.

Начнем с того, что в случае если машина подвергнется реконструкции или модернизации либо произойдут значительные изменения на рынке аналогичных машин и в технических, рыночных, экономических или правовых условиях их использования, придется переоценить ее балансовую стоимость и, возможно, СПИ. При этом предложенный метод амортизации обеспечит достаточную близость балансовой и справедливой стоимостей машины в период до следующей ее переоценки.

Далее, базовой ситуации отвечало отсутствие инфляции. В условиях, когда цены на машины растут, их также следует переоценивать. В этих целях удобно определять индекс роста цен на машины данной марки в новом состоянии (на первичном рынке), а затем применять его для пересчета балансовой стоимости всех машин этой марки и накопленной их амортизации. Правомерность такого приема обусловлена тем, что модель, построенная в разделе 6, применима и в условиях инфляции, однако описывает она изменение справедливой стоимости и амортизации машины в неизменных (реальных) ценах. Правда, при этом, как показано в (Смоляк, 2016), в качестве ставки дисконтирования E должна использоваться номинальная ставка, уменьшенная на темп прироста цен машин данной марки на первичном рынке.

Заметим, наконец, что в базовой ситуации остаточная стоимость машин была нулевой. Между тем у некоторых машин она может быть относительно большой. Выясним, как это обстоятельство может быть учтено при определении СА. Для этого повторим рассуждения раздела 4 с соответствующими изменениями.

Справедливую стоимость V_n машины в возрасте ровно n лет, как и раньше, можно выразить через выгоды от ее последующего использования, включая на этот раз еще и выгоды от выбытия машины в конце СПИ (U):

$$V_{n-1} = \sum_{t=n}^{T-1} \frac{B_t}{(1+E)^{t-n+1}} + \frac{U}{(1+E)^{T-n}}.$$

Отсюда находим выражение для амортизируемой стоимости машины:

$$V_{n-1} - U = \sum_{t=n}^{T-1} \frac{B_t}{(1+E)^{t-n+1}} - \left[U - \frac{U}{(1+E)^{T-n}} \right].$$

Но по определению функции единичного аннуитета

$$U - \frac{U}{(1+E)^{T-n}} = EUf(E, T-n) = \\ = \sum_{t=n}^{T-1} \frac{EU}{(1+E)^{t-n+1}}.$$

Поэтому

$$V_{n-1} - U = \sum_{t=n}^{T-1} \frac{B_t - EU}{(1+E)^{t-n+1}}. \qquad (14)$$

Теперь можно определить и размеры СА машины как уменьшение ее амортизируемой стоимости за год, т.е. по формуле $A_n = (V_{n-1} - U) - (V_n - U)$.

Назовем разности $(B_t - EU)$ скорректированными выгодами от эксплуатации маши-

ны и заметим, что в силу (14) амортизируемая стоимость машины равна сумме дисконтированных скорректированых выгод от ее последующей эксплуатации. Более того, ЛМД скорректированные выгоды также будут меняться с возрастом по линейному закону, как и в разделе 6. Казалось бы, тогда и ставки СА должны определяться по формуле (11). Однако это не так: в данном случае скорректированные выгоды становятся отрицательными до окончания СПИ. По этой причине формула (11) при ненулевой остаточной стоимости будет неточной. Однако обычно остаточная стоимость машин невелика, и тогда возникающая ошибка будет незначительной. Покажем это на следующем примере.

Пример 3. Рассмотрим машину, приносящую те же линейно убывающие выгоды, что и в табл. 2, но имеющую остаточную стоимость $U = 4{,}5$. Расчеты ее СА при $E = 0{,}1$ сведены в табл. 3. Поясним эти расчеты.

Стоимости машины в каждом году здесь определены как сумма дисконтированных выгод от ее последующего использования, включая выгоды от выбытия в размере $U = 4{,}5$. Амортизируемая стоимость машины в данном случае составляет $V_0 - U = 40{,}29 - 4{,}5 = 35{,}79$.

Размеры СА (A_n) определены как уменьшение стоимости машины за соответствующий год.

Для сравнения в двух последних строках таблицы указаны размеры амортизации, начисленной по ставкам, указанным в табл. 2 (т.е. отвечающим нулевой остаточной стоимости). Величины A_{n0} отвечают ставкам, рассчитанным по формуле (11) при $E = 0{,}1$; величины $A_{\text{МСЧ}}$ – ставкам, рассчитанным с помощью МСЧ (т.е. при $E = 0$).

Как видим, хотя остаточная стоимость машины сравнительно большая (порядка 11% от первоначальной стоимости), разница в суммах амортизации невелика.

9. ВЫВОДЫ

Возможно, более адекватному отражению деградации машин и оборудования в финансовой отчетности может способствовать использование подходящего метода амортизации, при котором обеспечивается сближение балансовых стоимостей машин с их справедливыми стоимостями. Мы показываем, что для реальных машин одним из таких методов является обобщенный метод суммы чисел лет полезного использования. Вместе с тем задача построения оптимального подобного метода остается нерешенной – для ее решения нужны зависимости, описывающие влияние возраста машин и оборудования на приносимые ими выгоды. Отметим также, что в данной статье процесс использования машины предполагался детерминированным. Учет стохастичности этого процесса при формировании амортизационной политики требует дальнейших исследований.

Таблица 3

Справедливая амортизация машины по годам эксплуатации при линейной модели деградации и положительной остаточной стоимости

Показатель	Год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B_n	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
V_{n-1}	40,29	34,32	28,75	23,63	18,99	14,89	11,37	8,51	6,36	5,00
A_n	5,97	5,57	5,12	4,64	4,10	3,51	2,86	2,15	1,36	0,50
A_{n0}	5,70	5,35	4.95	4,52	4,04	3,52	2,94	2,31	1,61	0,84
$A_{\text{МСЧ}}$	6,51	5,86	5,21	4,55	3,90	3,25	2,60	1,95	1,30	0,65

Список литературы / References

Анистратов К.Ю. и др. (2006). Исследование закономерностей изменения показателей работы карьерных самосвалов в течение срока их эксплуатации // Горная промышленность. № 6. [Anistratov K.Yu. et al. (2006). Investigation of the patterns of changes in the performance of mining trucks during their service life. *Mining Industry*, no. 6 (in Russian).]

Архипов В.С., Нисневич А.И., Щельцын Н.А. (2003). Некоторые характеристики рынка подержанных зарубежных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 2. [Arkhipov V.S., Nisnevich A.I., Shcheltsyn N.A. (2003). Some characteristics of the used foreign tractors market. *Tractors and agricultural machines*, no. 2 (in Russian).]

Грибовский С.В. и др. (2003). Оценка стоимости недвижимости. М.: Интерреклама. 704 с. [Gribovsky S.V. et al. (2003). Real estate valuation. Moscow, Interreclama. 704 p. (in Russian).]

Максименко А. (2011). Анализ влияния выходных параметров строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин на эффективность их использования на этапе эксплуатации жизненного цикла // Строительная наука и техника. № 1 (34). [Maximenko A. (2011). Analysis of the influence of the output parameters of construction, road and hoisting-and-transport vehicles on the efficiency of their use at the stage of life cycle operation. *Construction Science and Technology*, no. 1 (34) (in Russian).]

Максименко А.Н. и др. (2009). Влияние наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин и себестоимость механизированных работ // Строительная наука и техника. № 6 (27). С. 73–76. [Maximenko A.N. et al. (2009). The influence of operating time from the beginning of operation on the performance of construction and road vehicles and the cost of mechanized work. *Construction Science and Technology*, no. 6 (27), pp. 73–76 (in Russian).]

Максименко А.Н., Заровчатская Е.В., Масловская С.В. (2014). Определение основных выходных параметров гидрофицированных строительных и дорожных машин на этапе эксплуатации их жизненного цикла // Наука и техника. № 5. С. 60–66. [Maximenko A.N., Zarovchatskaya E.V., Maslovskaya S.V. (2014). Determination of main output parameters for hydroficated construction and road-building machines at operational stage of their life cycle. *Science and Technique*, no. 5, pp. 60–66 (in Russian).]

МДС 12-13.2003. Механизация строительства. Годовые режимы работы строительных машин. [MDS 12-13.2003. Mechanization of Construction – Annual Operating Schedules for Construction Machinery (in Russian).]

МДС 12-38.2007. Нормирование расхода топлива для строительных машин. [MDS 12-38.2007. Rationing of fuel consumption for construction machinery (in Russian).]

Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть II. (1998). Нормативно-справочный материал. М.: РИЦ ГОСНТИИ. 252 с. [Methodology for determining the economic efficiency of technologies and agricultural machinery. Part II. Normative and reference material. (1998). Moscow, RIC GOSNTII. 252 p. (in Russian).]

Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве: сборник (2008). М.: ФГНУ «Росинформагротех». 316 с. [Normative and reference materials for the planning of mechanized work in agricultural production: Collection. (2008). Moscow, Federal State Institution “Rosinformagrotekh”, 316 p. (in Russian).]

Репин С.В., Зазыкин А.В., Ховалыг Н.-Д. К.-О. (2015). Влияние срока службы на показатели транспортно-технологических машин в эксплуатации // Евразийский союз ученых. № 3 (12). Ч. 5. С. 24–26. [Repin S.V., Zazykin A.V., Khovalyg N.-D. K.-O. (2015). The influence of service life on the performance of transport-technological machines in operation. *Eurasian Union of Scientists*, no. 3 (12), part 5, pp. 24–26 (in Russian).]

Смоляк С.А. (2008). Проблемы и парадоксы оценки машин и оборудования. М.: РИО МАОК. 305 с. [Smolyak S.A. (2008). Problems and para-

doxes in machinery and equipment valuation. Moscow, RIO MAOC. 305 p. (in Russian).]

Смоляк С.А. (2016). Стоимостная оценка машин и оборудования. М.: Опцион. 377 с. [Smolyak S.A. (2016). Valuation of machinery and equipment. Moscow, Option. 377 p. (in Russian).]

ASAE D497.7 (2011). Agricultural Machinery Management Data.

Berg M., Moore G. (1989). The choice of depreciation methods under uncertainty. *Decision Sciences*, vol. 20 (4), pp. 643–654.

Jackson S.B., Liu X.K., Cecchini M. (2009). Economic consequences of firms' depreciation method choice: Evidence from capital investments. *Journal of Accounting & Economics (JAE)*, October, vol. 48, no. 1, pp. 54–68.

Jackson S.B., Rodgers T.C., Tuttle B. (2010). The effect of depreciation method choice on asset selling prices. *Accounting, Organizations and Society*, vol. 35, is. 8, November, pp. 757–774.

Measuring Capital (2009). OECD MANUAL. 2nd ed.

De Waegenaere A.M.B., Wielhouwer J.L. (2002). Optimal tax depreciation lives and charges under regulatory constraints. *OR Spectrum*, vol. 24 (2), pp. 151–177.

Wakeman L.M. (1980). Optimal tax depreciation. *Journal of Accounting and Economics*, vol. 2, is. 3, pp. 213–237.

Рукопись поступила в редакцию 24.05.2020 г.

THE INFLUENCE OF MACHINERY AND EQUIPMENT DEGRADATION ON THEIR DEPRECIATION

S.A. Smolyak

Manuscript received 24.05.2020

DOI: 10.33293/1609-1442-2020-3(90)-34-50

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

The preparation of financial statements in accordance with IFRS involves the choice of such methods of depreciation for assets that are supposed to reflect most accurately the expected pattern of consumption of future economic benefits from the use of assets. However, in relation to machinery and equipment items this requirement is difficult to implement, since it is not clear how to understand and measure the economic benefits associated with such assets and the pattern of their consumption. In our opinion, the consumption of future economic benefits from the use of an asset is reflected in its fair value, and the depreciation of an asset over a period of time expresses a decrease in the fair value of the asset in that period. Having regard to this position, it is necessary to be be choosing such a depreciation method which affords the best correspondence between the carrying amount of assets and their fair values. We show that the often used linear depreciation method does not satisfy this requirement even for an asset that generates equal annual benefits from year to year. The article is devoted to the selection of the most suitable method of depreciation for machinery and equipment items. In our opinion, it is necessary to take into account the dynamics of their degradation processes (deterioration of operational characteristics). In this regard, we provide numerous data on a decrease in productivity and an increase in operating costs with age for various machinery and equipment categories. The analysis of such data allows us to offer a simple linear model of machine impairment/degradation, as well as a depreciation method based on it. This method turns out to resemble the sum of the years' digits method and can be considered as a generalization of such a method. Its applicability to measuring the depreciation of real machinery and equipment items is confirmed by the results of economic and mathematical modeling and experimental estimates.

Keywords: machinery, equipment, performance, operating costs, benefits, degradation, carrying amount, fair value, residual value, depreciation

JEL: D46, M41.