
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

ВЛИЯНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ НА ИХ СТОИМОСТЬ

© 2017 г. С.А. Смоляк¹

(Москва)

Аннотация. Предложена модель для оценки рыночной стоимости машин и оборудования, учитывающая возможность их случайных отказов. Устранение отказа требует либо утилизации машины, либо ее ремонта, после которого состояние машины случайным образом улучшается. Стоимость машины определяется применительно к наиболее эффективному способу ее использования, что предполагает в любой момент времени оптимальный выбор между применением машины по назначению, ее ремонтом и утилизацией. В модели учтено, что технико-экономические показатели машины с возрастом ухудшаются, а некоторые операционные затраты (например, налог на имущество и расходы на страхование) зависят от исковой стоимости машины. Для решения задачи применяется нетрадиционная версия метода дисконтирования денежных потоков, что позволяет опираться только на информацию, относящуюся к дате оценки. При этом не требуется прогнозирования изменения рыночной конъюнктуры на предстоящий срок службы машины. Описаны результаты расчетов по модели, позволяющие выявить влияние долговечности, надежности и ремонтпригодности на стоимость машин разного возраста.

Ключевые слова: машина, оборудование, стоимостная оценка, наиболее эффективное использование, обесценение, эффективный возраст, ремонт, случайные выгоды, дисконтирование.

Классификация JEL: C44, C61, D46, D81.

1. МАШИНЫ, ИХ СОСТОЯНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И СТОИМОСТЬ

Проблемам и методам оценки рыночной стоимости машин (этим термином мы охватываем также оборудование и установки) посвящено много работ (например, (Ковалев, 2010; Назаров, Рутгайзер, 2011; Ковалев и др., 2006; Appraising Machinery..., 1989)). В общем случае машины классифицируются по их назначению, типоразмеру, модели, модификации и т.п. Нижний уровень классификации назовем маркой, и далее будем рассматривать машины только одной марки.

Машины – это массовый товар, обращающийся на двух рынках. На первичном рынке продаются машины в новом состоянии (не введенные в эксплуатацию), на вторичном – подержанные. При применении по своему назначению машины производят некоторую продукцию (ею могут быть товары, работы или услуги). Предполагается, что все машины в новом состоянии идентичны между собой, тогда как все подержанные машины различаются по своему техническому состоянию.

Понятие рыночной стоимости (далее – стоимости) применимо к любым объектам, обращающимся на рынке, в частности к товарам, работам и услугам. Стоимость объекта оценки определяется как цена его продажи на открытом рынке на дату оценки при определенных стандартных условиях (описываемых в национальных и международных стандартах оценки (Европейские стандарты оценки 2003, 2006; Международные стандарты оценки 2011, 2013)), которые мы здесь не расшифровываем². Продавцов и покупателей в такой стандартной сделке мы именуем типичными. Подразумевается, что все они ведут себя экономически рационально и используют одну и ту же рыночную ставку дисконтирования, отражающую минимальные требования к доходности осуществляемых

¹ Сергей Абрамович Смоляк – доктор экон. наук, главный научный сотрудник ЦЭМИ РАН, Москва; smolyak1@yandex.ru.

² Например, необходимо, чтобы сделка купли–продажи не была вынужденной, а стороны сделки имели полную информацию о предмете сделки.

ими инвестиций. Кроме того, мы будем считать их юридическими лицами – предприятиями, получающими достаточную прибыль от своей основной деятельности.

Стоимость машины в новом состоянии называют восстановительной стоимостью³ (ВС, Reinstatement Value, RV). Ее обычно оценивают по данным о ценах первичного рынка (ценах производителей или дилеров).

В конце срока службы машина становится непригодной к дальнейшему использованию по назначению, а ее ремонт становится невыгодным. Такая машина подлежит утилизации, которая может осуществляться разными способами. Чаще всего машину демонтируют, отбирают узлы и детали, пригодные к дальнейшей эксплуатации, а все остальное продают по цене металлолома. В любом случае с утилизацией машины сопряжены определенные доходы и расходы. Их разность (применительно к наиболее эффективному способу утилизации) и является рыночной стоимостью машины – утилизационной стоимостью.

Естественно, что состояние подержанных машин хуже, чем у машин в новом состоянии, так что и рыночная стоимость у них меньше. Разность этих величин оценщики именуют обесценением (depreciation).

Чтобы оценить рыночную стоимость V подержанной машины некоторой марки, оценщики вначале оценивают ее ВС, а затем корректируют ее с учетом состояния оцениваемой машины (Ковалев, 2010; Назаров, Рутгайзер, 2011; Ковалев и др., 2006), используя одну из формул:

$$V = V_0 - D, \quad V = V_0(1 - d), \quad V = V_0g. \quad (1)$$

Первую формулу применяют, когда обесценение машины можно оценить в стоимостном выражении D , скажем, при оценке недоукомплектованных машин. Однако чаще обесценение оценивают в относительном выражении. В России широко используется вторая формула из (1), в которой d понимается как коэффициент (физического) износа и обычно выражается в процентах. Нам более удобно использовать третью формулу – ее применяют в США. При этом коэффициент $g = V/V_0$ обычно задают в процентах и именуют процентом годности (Percent Good Factor). Далее мы будем называть его коэффициентом годности (в (Справочник оценщика..., 2015) он именуется коэффициентом остаточной стоимости). Значения процентов годности или износа оценщики находят с помощью различных формул и таблиц, связывающих их прежде всего с возрастом оцениваемой машины (см., например, (Смоляк, 2014а; Справочник оценщика..., 2015; Arizona Department..., 2011; Assessors' Handbook Section 581, 2010; Marshall Valuation Service, 2011; State of Nevada..., 2008; Oklahoma Business..., 2010)). Например, многие считают, что стоимость машины линейно снижается от восстановительной до утилизационной при увеличении ее возраста от 0 до определенного (назначенного) срока службы. Между тем на рынке обращаются (и продаются по относительно высоким ценам) машины, возраст которых в 2–4 раза превышает назначенные любыми способами сроки службы.

Обработывая данные о ценах продаваемых машин разного возраста, можно построить регрессионные зависимости коэффициента годности от возраста (Андрианов, 2002; Ковалев и др., 2006; Смоляк, 2014а; Справочник оценщика..., 2015). Применяя подобные зависимости, оценщики, по сути, используют следующий принцип.

Принцип стабильности: зависимость стоимости объекта от влияющих на нее факторов, установленная по данным за определенный период, будет справедлива и в некотором не слишком большом последующем периоде.

Однако, строя регрессионные зависимости, надо как-то обосновать их общий вид. Обычно оценщики этого не делают, а задают произвольный вид зависимости (от линейной или экспоненциальной функции до многочлена шестой степени) и подбирают ее параметры методом наименьших квадратов.

Цены машин одного возраста в одном и том же регионе имеют обычно достаточно большой разброс. Этому есть ряд объяснений.

³ В российской литературе ее именуют также стоимостью воспроизводства.

1. Условия реальных сделок отклоняются от стандартных. Например, сделки могут быть вынужденными, а продавцы и покупатели – недостаточно осведомленными или ведущими себя экономически нерационально.

2. Машины, применяемые по назначению, могут производить разные виды продукции или работ, к тому же в разных условиях. Так, экскаваторы могут рыть траншеи или большие котлованы, а станки – работать с разной сменностью. Более того, время от времени машина ремонтируется, и тогда ее состояние улучшается. В результате состояние машины на дату оценки будет во многом зависеть не только от ее возраста, но и от истории ее эксплуатации и ремонтов, которую в деталях не знает ни продавец, ни покупатель, ни оценщик.

3. Приобретая машину, покупатель (даже ведущий себя экономически рационально) не намечает заранее, какую конкретно продукцию, когда и каким способом она будет производить, когда ее придется ремонтировать и каковы будут результаты ремонтов.

Это позволяет считать процесс использования машины случайным. В таком случае оценка машины на основе ее возраста будет весьма неточной – гораздо важнее учесть ее состояние. Казалось бы, для этой цели надо подобрать подходящий измеритель состояния машин и установить по рыночным данным, как он влияет на рыночные цены. К сожалению, пока еще никто не смог предложить такого измерителя состояния машин, который был бы инструментально измеримым и нефальсифицируемым⁴.

Выход из положения был найден еще в 1940-х годах (правда, применительно к зданиям, а не к машинам): увязать стоимость машины не с ее календарным, а с *эффективным* возрастом. По замыслу, эффективный возраст (ЭВ) машины должен совпадать с хронологическим возрастом другой машины той же марки, которая нормально эксплуатировалась и обслуживалась и на дату оценки оказалась в том же техническом состоянии, что и оцениваемая машина. Различие указанных характеристик во многом аналогично различию между возрастом человека по паспорту и количеством лет, на сколько он выглядит. Естественно, что оценка эффективного возраста машины должна производиться путем осмотра машины, обследования ее технического состояния, причем специалист (например, оценщик) должен иметь достаточный опыт, чтобы:

– сформировать устойчивое представление о том, какими характеристиками должна обладать нормально эксплуатировавшаяся машина того или иного возраста,

– уметь экспертно приравнять оцениваемую машину к нормально эксплуатировавшейся машине какого-то возраста.

Разумеется, в этих целях для оценщиков предложены и соответствующие рекомендации, например коэффициенты корректировки хронологического возраста в зависимости от условий работы машины и ее загрузки за время ее существования (например, (Ковалев и др., 2006; Р-03112194-0376-98, 1998; Смоляк, 2014а, 2014б; Справочник оценщика..., 2015)).

Учитывая указанные обстоятельства, будем характеризовать состояние машины ее ЭВ, а про машину с $ЭВ = s$ будем говорить, что она находится в состоянии s . Конечно, шкалы эффективных и хронологических возрастов должны быть согласованы. Мы принимаем, что для машины в новом состоянии $ЭВ = 0$, а в случае, если в малом периоде времени dt машина нормально применяется по назначению, то к концу периода ее ЭВ, как и хронологический $d\text{жр}$, увеличивается на dt . Однако если в этом периоде машина прошла ремонт, ее эффективный возраст, в отличие от хронологического, не увеличится, а уменьшится (см. разд. 2). Поэтому, если машина прошла несколько ремонтов, ее хронологический возраст может существенно превышать ЭВ.

На практике на продажу могут выставляться машины, находящиеся в разном техническом состоянии, однако далее мы считаем, что все выставляемые на продажу машины (потенциальные объекты оценки) работоспособны, т.е. могут применяться по своему назначению. Далее, принимаем, что на рынке имеются машины в любом состоянии и оценщик имеет возможность

⁴К примеру, одной из характеристик технического состояния легкового автомобиля является его пробег с начала эксплуатации. Однако покупатели давно уже не обращают на него внимания, поскольку владельцы машин нередко скручивают одометры. Стоимость легкового автомобиля во многом оценивается и состоянием его кузова. Однако пока еще его не умеют выражать каким-либо объективно измеряемым числовым показателем.

оценить ЭВ любой машины. В таком случае для оценки ему необходимо знать, как зависит стоимость работоспособной машины от ее ЭВ. Ниже предлагается модель, описывающая такую зависимость. Вначале мы изложим ее, предполагая отсутствие инфляции и налогов.

2. ПРИНЦИП ДИСКОНТИРОВАНИЯ. ВЫГОДЫ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИН

Мы хотим выявить зависимость стоимости V машины от ее эффективного возраста s , учитывая случайный характер процесса использования машины. Для построения такой зависимости мы применим доходный подход к оценке. В соответствии с ним (Ковалев, 2010; Международные стандарты оценки 2011, 2013; Назаров, Рутгайзер, 2011; Смоляк, 2008) стоимость объекта определяется потоком выгод от его последующего наиболее эффективного использования. В детерминированной ситуации это можно выразить принципом дисконтирования (Смоляк, 2008), широко применяемым оценщиками (хотя они его так не называют).

Принцип дисконтирования: стоимость объекта на дату оценки определяется как сумма дисконтированных (к этой дате) выгод от его наиболее эффективного использования в течение некоторого периода и стоимости этого объекта в конце периода⁵. При этом наиболее эффективным будет тот способ, которому отвечает наибольшая стоимость объекта.

Входящее сюда понятие “выгод от использования машины” нуждается в расшифровке. Любая машина обладает стоимостью постольку, поскольку она способна приносить своему владельцу выгоды. По существу, об этом говорится и в МСО (Международные стандарты оценки 2011, 2013, Принципы МСО): “Стоимость для собственника (value to the owner) представляет собой расчетную оценку выгод, которые могут быть получены определенной стороной от владения активом”. При этом выгоды от владения машиной зависят от того, как именно используется машина в соответствующем периоде. В общем случае под выгодами от некоторой операции за определенный период мы понимаем стоимостную оценку полученных в этом периоде результатов (доходов) за вычетом осуществленных в том же периоде затрат на достижение этих результатов (Микерин, Смоляк, 2010). Конкретизируем это определение.

Начнем с того, что для измерения выгод необходимо более четко определить состав учитываемых доходов и затрат. Пока, вплоть до разд. 4, мы считаем, что в доходах и расходах не учитываются налоги, а в расходах — еще и амортизационные отчисления, такие потоки выгод принято называть доналоговыми. Рассмотрим теперь состав выгод от отдельных операций.

1. Процесс утилизации машины в общем случае требует затрат (например, на демонтаж) и приносит определенные доходы (например, выручку от продажи металлолома). Выгоды $U(s)$ от утилизации машины ЭВ = s мы понимаем как разность утилизационных доходов и расходов. Обычно эти выгоды (утилизационная стоимость машины) составляют 3–10% ВС машины. В нашей модели будем считать их известными.

2. Выгоды от применения машины по назначению (далее — операционные выгоды) в нашем случае близки по содержанию к чистому операционному доходу (в западной литературе — *EBITDA*). Для машин, непосредственно приносящих доход, их можно даже измерить и подтвердить данными наблюдений и отчетности. Однако многие виды машин и оборудования производят промежуточные технологические операции или полуфабрикаты, чью стоимость нельзя подтвердить данными реальных сделок. На этом основании многие оценщики считают доходный подход непригодным для оценки машин. Между тем невозможность подтвердить размеры выгод от использования машины рыночными свидетельствами не означает, что ее продукция вообще не имеет рыночной стоимости (типичным примером является обращавшийся на рынке обычный товар, временно исчезнувший из продажи). На самом деле эта продукция (работа или услуга) имеет определенную полезность, а значит, и стоимость. К тому же иногда ее можно оценить и косвенными методами⁶. Поэтому вплоть до разд. 6 будем считать известной стоимость p единицы производимой машиной продукции.

⁵ Добавляемую стоимость объекта в конце периода можно трактовать и как выгоды от продажи объекта по рыночной стоимости. К такой трактовке мы еще вернемся.

⁶ Так, если выполнение некоторых технологических операций фирма может передать на аутсорсинг, то их рыночную стоимость можно оценить на основе стоимости соответствующей услуги. Наглядный пример: стоимость услуг по уходу мамы за ребенком можно оценить по данным о стоимости услуг няни или детского сада.

Рассмотрим машину с ЭВ = s , применяемую по назначению. Пусть $P(s)$ и $C(s)$ – ее производительность и интенсивность операционных затрат. Это значит, что за малый период времени dt , когда машина с ЭВ = s применяется по назначению, она произведет продукцию в объеме $P(s)dt$, и затраты на это производство составят $C(s)dt$. Определим выгоды от использования машины в этом периоде как разность $pP(s)dt - C(s)dt$. Отнеся эту величину к длительности периода, мы получим одну из важнейших для нашей модели характеристик рассматриваемой машины – интенсивность операционных выгод (ИОВ):

$$B(s) = pP(s) - C(s). \quad (2)$$

По мере ухудшения состояния машины затраты на ее содержание и эксплуатацию растут, а производительность падает. На этом основании мы считаем, что функция $C(s)$ – возрастающая, а $P(s)$ и $B(s)$ – убывающие. Будем считать, что при больших s ИОВ $B(s)$ принимает отрицательные значения. Поэтому найдется такое S , для которого $B(S) = 0$. Будем называть его возрастом безубыточности, так как машины с ЭВ $> S$ дают отрицательные выгоды при применении их по назначению.

3. В процессе использования машина может ремонтироваться, после чего ее состояние улучшается. Понятие “ремонт” обычно охватывает разные виды работ. Некоторые из них (технические обслуживания и текущие ремонты) направлены на поддержание текущего состояния машины. Они проводятся довольно часто и требуют небольших затрат. Мы не будем выделять их особо и примем, что затраты на них входят в состав операционных расходов. Поэтому далее под ремонтами будем понимать относительно дорогостоящие средние и капитальные ремонты, существенно влияющие на состояние машины. Их будем учитывать отдельно. Такие ремонты могут быть профилактическими (если до ремонта машина была работоспособной) или аварийными (если в соответствующий момент произошла поломка или, как говорят в теории надежности, отказ). Процесс ремонта обычно занимает не слишком много времени, и мы считаем его мгновенным. С точки зрения владельца, он сводится только к осуществлению затрат. Тем самым, выгоды от ремонта мы определяем в размере стоимости ремонта, взятой со знаком “минус”.

Казалось бы, к экономическим результатам ремонта следует отнести стоимость отремонтированной машины. Однако тогда в затраты на ремонт придется включить и рыночную стоимость неработоспособной машины, передаваемой в ремонт, что неудобно.

Применив принцип дисконтирования к работоспособной машине и (малому) периоду ее профилактического ремонта, получим, что стоимость машины до ремонта будет равна ожидаемой ее стоимости после ремонта за вычетом затрат на ремонт⁷. Это положение справедливо, только если наиболее эффективным способом использования машины является ее ремонт. Правда, чтобы применить это правило на практике, придется оценить ожидаемую стоимость машины после ремонта, что создает определенные трудности.

Процесс ремонта будем считать случайным, подразумевая, что ремонтные работы и заменяемые при ремонте узлы и детали могут быть разного качества, а диагностика неисправностей машины – ошибочной. Соответственно, случайным будет и состояние машины после ремонта. Мы опишем его следующим образом.

Рассмотрим машину, направленную в ремонт на дату оценки. Пусть s – ее эффективный возраст до наступления этой даты (т.е. перед направлением в профилактический ремонт или перед поломкой, исправление которой требует аварийного ремонта). Мы принимаем, что стоимость ремонта R не зависит от s , а после ремонта ЭВ машины умножается на понижающий случайный коэффициент омоложения τ , имеющий некоторую функцию распределения $Q(\tau)$ на интервале $[0, 1]$. Математические ожидания и дисперсии по этому распределению обозначаются символами $\mathbf{M}[\cdot]$ и $\mathbf{D}[\cdot]$.

Введем ряд показателей, характеризующих последствия ремонта.

Первый из них – средний коэффициент омоложения $q = \mathbf{M}[\tau]$ – оценивает качество ремонта (чем меньше q , тем в среднем лучше состояние машины после ремонта). Дисперсия коэффициента

⁷ Для оценки неработоспособных машин можно было бы построить специальную модель, но для этого нам необходимо было бы классифицировать их состояния. В данной статье такой подход не используется.

омоложения $\mathbf{D}[\tau]$ отражает нестабильность процесса ремонта (чем она больше, тем больше неопределенность состояния машины после ремонта). При заданном q максимальным значением $\mathbf{D}[\tau]$ будет $q(1-q)$. Это позволяет характеризовать нестабильность процесса ремонта показателем волатильности омоложения $v = \sqrt{\mathbf{D}[\tau] / \{q(1-q)\}}$

Возьмем машину, направленную в ремонт, после того как она оказалась в состоянии s . Ее среднюю стоимость после ремонта $M[V(\tau s)]$ мы обозначим через $W(s)$. Поэтому после ремонта стоимость машины вырастет в среднем на $[W(s) - V(s)]$. Если отнести этот прирост к ВС машины, получим средний коэффициент восстановления (appreciation index, AI)

$$AI(s) = [W(s) - V(s)] / V(0).$$

По экспертным оценкам (Справочник оценщика..., 2015, табл. 3.2.1), для различных видов машин этот показатель составляет в среднем 0,20–0,25.

3. МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ СТОИМОСТИ МАШИНЫ

Общую идею построения модели зависимости $V(s)$ стоимости машины от ее возраста продемонстрируем вначале для упрощенной ситуации, когда не учитываются ни отказы, ни (капитальные и средние) ремонты, ни инфляция, ни налоги (Смоляк, 2008). Состояние машины при этом характеризуется только ее хронологическим возрастом s . Принимается, что машина в возрасте s имеет ИОВ $B(s)$ и утилизационную стоимость $U(s)$, а искомая функция $V(s)$ — неотрицательная, убывающая и гладкая.

Возьмем период малой длительности dt , начинающийся с даты оценки, и машину, которая в начале периода находилась в состоянии s . В этом периоде у типичного владельца машины есть два способа ее использования, из которых надо выбрать наиболее эффективный. Рассмотрим их.

Способ 1. Утилизировать машину. При таком способе стоимость машины совпадет с утилизационной: $V(s) = U(s)$.

Способ 2. Применить (продолжить применение) машину по назначению. Тогда за период t машина принесет выгоды в сумме $B(s)dt$, и ее возраст в конце периода составит $s+dt$. Поэтому она станет равноценной с машиной того же возраста на дату оценки (поскольку, по предположению, инфляция в стране отсутствует) и будет иметь стоимость $V(s+dt)$. Теперь стоимость машины в начале периода можно найти, применив принцип дисконтирования:

$$V(s) = B(s)dt + (1 - rdt)V(s + dt). \quad (3)$$

Лучшему из обоих способов должна отвечать наибольшая стоимость, поэтому

$$V(s) = \max \{U(s), (1 - rdt)V(s + dt) + B(s)dt\}. \quad (4)$$

Чтобы получить решение этого дифференциального уравнения, заметим, что функция $B(s)$ убывает и при больших s принимает большие отрицательные значения. Поэтому найдется некоторый предельный возраст L такой, что все машины в возрасте L или больше должны утилизироваться, а остальные — применяться по назначению⁸. Тогда при $s < L$ должно выполняться равенство (3), откуда с точностью до малых более высокого порядка получаем

$$V(s) = B(s)dt + (1 - rdt)[V(s) + V'(s)dt] = V(s) + [B(s) - rV(s) + V'(s)]dt.$$

Но тогда $V'(s) - rV(s) + B(s) = 0$. Решением этого уравнения с краевым условием $V(L) = U(L)$ будет

$$V(s) = \int_s^L B(x)e^{-r(x-s)} dx + U(L)e^{-r(L-s)}.$$

⁸ Такое L , вообще говоря, зависит от s , а разность $L-s$ может трактоваться как оптимальный остаточный срок службы машин возраста s на дату оценки, оцененный при допущении, что после даты оценки ситуация на рынке не будет меняться.

При этом неизвестное значение L должно обеспечивать максимальную стоимость машины, откуда следует, что

$$V(s) = \max_{L \geq s} \left\{ \int_s^L B(x) e^{-r(x-s)} dx + U(L) e^{-r(L-s)} \right\}. \quad (5)$$

В частном случае, когда $U(s) = 0$, оптимальное L совпадает с возрастом безубыточности S , для которого $B(S) = 0$.

Казалось бы, эта формула выражает тот же принцип дисконтирования в традиционной форме (стоимость машины равна суммарным за оптимальный срок службы дисконтированным выгодам от ее использования). Между тем это совсем не так: она описывает не изменение стоимости машины в процессе ее применения, а зависимости (сложившиеся на дату оценки) между стоимостями машин, находящихся в разных состояниях.

Изложенную идею применим теперь к построению более реалистичной модели, где процесс использования машины – случайный. А именно примем, что в малом отрезке времени dt машина может потерять работоспособность (отказаться) с вероятностью λdt , где λ – интенсивность отказов. После этого она должна быть отремонтирована или утилизирована.

Поскольку поток выгод от применения машины случайный, принцип дисконтирования здесь необходимо модифицировать (Виленский, Лившиц, Смоляк, 2015; Смоляк, 2014а, 2014в): стоимость объекта на дату оценки равна сумме дисконтированных (к этой дате) выгод от его наиболее эффективного использования в течение малого периода времени и математического ожидания стоимости объекта в конце периода.

Выгоды в нашей модели не учитывают ни инфляции, ни налогов. Поэтому дисконтирование здесь, как это и требуют стандарты оценки, должно производиться по доналоговой реальной ставке – обозначим ее через r .

Будем применять принцип дисконтирования к работоспособной оцениваемой машине с ЭВ = s и к периоду длительностью dt , начинающемуся с даты оценки. В этом периоде есть три способа использования машины, из которых надо выбрать наиболее эффективный. Рассмотрим каждый из них.

Способ 1. Утилизировать машину. Стоимость машины при этом совпадает с ее утилизационной стоимостью $U(s)$.

Способ 2. Провести (профилактический) ремонт машины. Поскольку ремонт требует только затрат R , а математическое ожидание стоимости машины после ремонта – $W(s)$, то в силу принципа дисконтирования стоимость машины до ремонта составит $W(s) - R$.

Способ 3. Применить (продолжить использовать) машину по назначению. При этом возможны две ситуации.

1. Произойдет отказ машины. Тогда ее понадобится утилизировать или отремонтировать. Но чистые выгоды от утилизации – $U(s)$, а от ремонта, как мы видели, $W(s) - R$. Поэтому лучшему решению будут отвечать чистые выгоды в размере $W^+(s) = \max[U(s), W(s) - R]$.

2. Машина не откажет, принесет за период выгоды $B(s)dt$, и ее ЭВ в конце периода составит $s + dt$. Но тогда (при отсутствии инфляции) она станет равноценной с машиной того же эффективного возраста на дату оценки и будет иметь стоимость $V(s + dt)$. Чистые выгоды от использования машины найдем, складывая дисконтированные выручку от продажи машины в конце периода и операционные выгоды, которые можно отнести к середине периода $(1 - rdt)V(s + dt) + (1 - rdt/2) B(s) dt$. С точностью до малых более высокого порядка эта величина будет равна $(1 - rdt)V(s + dt) + B(s) dt$.

Учитывая вероятности обеих ситуаций, мы можем определить и ожидаемые чистые выгоды от применения способа 3. С точностью до малых более высокого порядка они составят

$$\begin{aligned} W^+(s) \lambda dt + [(1 - rdt)V(s + dt) + B(s)dt](1 - \lambda dt) = \\ = [1 - (r + \lambda)dt]V(s + dt) + [B(s) + \lambda W^+(s)]dt. \end{aligned}$$

Если бы способ 3 был наилучшим, то такой же должна быть и стоимость машины. Наиболее эффективному из трех способов использования машины в рассматриваемом периоде должна

отвечать наибольшей стоимостью. Отсюда вытекает дифференциальное уравнение для стоимости машины:

$$V(s) = \max \{ W^+(s); [1 - (r + \lambda)dt]V(s + dt) + B(s)dt + W^+(s)\lambda dt \}. \quad (6)$$

Но это уравнение получается из (4), если заменить в нем $U(s)$ на $W^+(s)$, $B(s)$ — на $B(s) + \lambda W^+(s)$, а r — на $r + \lambda$. Сделав такие замены в (5), мы сможем записать несколько необычное интегральное уравнение для искомой функции V :

$$V(s) = \max_{L \geq s} \left\{ \int_s^L e^{-(r+\lambda)(x-s)} [B(x) + \lambda W^+(x)] dx + W^+(L) e^{-(r+\lambda)(L-s)} \right\}. \quad (7)$$

Заметим, что здесь, в соответствии с ранее принятыми обозначениями,

$$W^+(s) = \max \{ U(s); \mathbf{M}[V(\tau s)] - R \} = \max \left\{ 0; \int_0^1 V(\tau s) dQ(\tau) - R \right\}, \quad (8)$$

а величину L в (7) удобно трактовать как эффективный срок службы машин, у которых ЭВ = s на дату оценки.

4. УЧЕТ НАЛОГОВ И ИНФЛЯЦИИ

При выводе формул (6) и (7) предполагалось отсутствие налогов и инфляции. Чтобы учесть влияние этих факторов, повторим вывод основной формулы (6), внося в него ряд изменений.

Заметим, что при эксплуатации машины возникают затраты, зависящие от ее стоимости — адвалорные. К ним относятся, например, налог на имущество или расходы на страхование. Ставку адвалорных расходов за единицу времени обозначим через η . Адвалорные расходы мы будем учитывать отдельно, не включая в операционные. При этом (доналоговые) операционные выгоды от использования применения машины мы, как и раньше, понимаем как стоимость производимой продукции за вычетом операционных расходов. Соответственно, чистые (посленалоговые) выгоды при этом будут равны доналоговым за вычетом адвалорных расходов и налога на прибыль. Ставку налога на прибыль мы обозначаем через n , а базой для его исчисления считаем налогооблагаемую прибыль, определяемую как доналоговые выгоды за вычетом адвалорных расходов и амортизационных отчислений.

Выгоды будем измерять в ценах, учитывающих инфляцию (т.е. в номинальных ценах). Поэтому дисконтировать чистые (посленалоговые) выгоды будем по номинальной посленалоговой ставке — обозначим ее через r_a .

Объектом нашей оценки будет работоспособная машина с ЭВ = s . Рассмотрим типичного покупателя: предприятие, которое на дату оценки покупает работоспособную машину эффективного возраста s по рыночной стоимости $V(s)$, применяет ее в течение малого периода времени dt и затем продает по (новой) рыночной стоимости. Имеются три возможных способа использования машины в указанном периоде, из которых надо выбрать наиболее эффективный. Рассмотрим каждый из них и оценим стоимость машины, отвечающую каждому из этих способов.

Способ 1. Утилизировать машину. Это принесет предприятию выручку $U(s)$. Однако в бухгалтерской отчетности при этом отразится убыток $V(s) - U(s)$ в размере балансовой стоимости машины на дату списания за вычетом выручки от утилизации. Налог на прибыль при этом уменьшится на $n[V(s) - U(s)]$, поэтому чистые выгоды от утилизации машины и снижения налога на прибыль составят $U(s) + n[V(s) - U(s)] = (1 - n)U(s) + nV(s)$.

Способ 2. Провести профилактический ремонт машины, после чего продать ее⁹. Чистые выгоды предприятия здесь включают расходы на ремонт машины R , выручку от ее продажи в конце периода и налог на прибыль (амортизацию и адвалорные расходы мы не учитываем, так как ремонт предполагается мгновенным).

⁹ Именно так поступают некоторые фирмы: приобретают подержанные машины, ремонтируют их и затем продают.

Пусть X – случайная стоимость машины после ремонта. Тогда прибыль предприятия от ремонта и продажи машины (по цене X) составит $X - V(s) - R$. При этом оно уплатит налог на прибыль $n[X - V(s) - R]$. Уменьшив выручку от продажи машины на сумму расходов на ремонт и налога на прибыль, получим чистые выгоды предприятия $X - R - n[X - V(s) - R] = (1 - n)(X - R) + nV(s)$. Но $M[X] = W(s)$, поэтому ожидаемые (средние) чистые выгоды составят $(1 - n)[W(s) - R] + nV(s)$.

В силу принципа дисконтирования эта величина не может превосходить стоимости машины до даты оценки: $(1 - n)[W(s) - R] + nV(s) \leq V(s)$, – поэтому $V(s) > W(s) - R$. Знак равенства при этом возможен, если только способ 2 наиболее эффективен. Но в таком случае стоимость машины должна превышать утилизационную, так что $V(s) = W(s) - R > U(s)$. Другими словами, учет налога на прибыль не изменяет прежнего вывода о том, что ожидаемый прирост стоимости машины после (своевременно проведенного) ремонта будет равен стоимости ремонта.

Для дальнейшего отметим, что лучшему из двух рассмотренных способов использования машины отвечает стоимость $\max\{U(s), W(s) - R\} = W^+(s)$.

Способ 3. Применить (продолжить применение) машину по назначению. При этом возможны две ситуации.

3.1. Произойдет отказ машины и ее понадобится либо утилизировать, либо ремонтировать. В варианте утилизации чистые выгоды определяются так же, как и в способе 1, т.е. составят $(1 - n)U(s) + nV(s)$. В варианте ремонта чистые выгоды определяются так же, как и в способе 2, т.е. составят $(1 - n)(W(s) - R) + nV(s)$. Однако теперь их величина может оказаться больше стоимости машины до отказа $V(s)$, поскольку ремонт аварийный.

Лучшему варианту здесь будут отвечать ожидаемые чистые выгоды:

$$(1 - n)\max[U(s), W(s) - R] + nV(s) = (1 - n)W^+(s) + nV(s).$$

3.2. Машина не откажет, принесет за период операционные выгоды $B(s)dt$, а адвалорные расходы при этом составят $\eta V(s)dt$. Кроме того, за период будут произведены амортизационные отчисления по некоторой ставке ω , т.е. в размере $\omega V(s)dt$. Тогда остаточная стоимость машины в конце периода составит $V(s) - \omega V(s)dt$. Операционная прибыль при этом будет равна сумме операционных выгод за вычетом адвалорных расходов и амортизации, т.е. $B(s)dt - \eta V(s)dt - \omega V(s)dt = [B(s) - \eta V(s) - \omega V(s)]dt$.

В конце периода машина будет иметь эффективный возраст $s + dt$, так что (с учетом инфляции) ее стоимость будет в $(1 + idt)$ раз больше, чем у машины того же ЭВ на дату оценки, т.е. составит $(1 + idt)V(s + dt)$. Продажа машины по такой цене принесет предприятию прибыль $(1 + idt)V(s + dt) - [V(s) - \omega V(s)dt]$. Добавив к ней операционную прибыль, получим налогооблагаемую прибыль предприятия от использования машины в данном периоде:

$$\begin{aligned} D &= (1 + idt)V(s + dt) - [V(s) - \omega V(s)dt] + [B(s) - \eta V(s) - \omega V(s)]dt = \\ &= (1 + idt)V(s + dt) - (1 + \eta dt)V(s) + B(s)dt. \end{aligned}$$

Налог на прибыль при этом будет равен nD . Обратим внимание, что размер прибыли и налога на прибыль не зависят от амортизационной ставки. Поэтому дисконтированная (по непрерывной ставке r_a) сумма чистых выгод составит (с точностью до малых более высокого порядка)

$$\begin{aligned} &(1 - r_a dt)(1 + idt)V(s + dt) + (1 - r dt/2)[B(s)dt - \eta V(s)dt] - \\ &- (1 - r_a dt)n\{(1 + idt)V(s + dt) - (1 + \eta dt)V(s) + B(s)dt\} = \\ &= (1 - n)[1 - (r_a - i)dt]V(s + dt) + nV(s) + (1 - n)B(s)dt - (\eta + nr_a - n\eta)V(s)dt. \end{aligned}$$

Учитывая вероятности обеих ситуаций, определим (с точностью до малых более высокого порядка) и ожидаемые чистые дисконтированные выгоды типичного владельца машины от ее использования способом 3:

$$\begin{aligned} &[(1 - n)W^+(s) + nV(s)]\lambda dt + \{(1 - n)[1 - (r_a - i)dt]V(s + dt) + nV(s)\}(1 - \lambda dt) + \\ &+ \{(1 - n)B(s)dt - (\eta + nr_a - n\eta)V(s)dt\}(1 - \lambda dt) = \\ &= (1 - n)\lambda W^+(s)dt + (1 - n)[1 - (r_a + \lambda - i)dt]V(s + dt) + \\ &+ nV(s) + (1 - n)B(s)dt - (\eta + nr_a - n\eta)V(s)dt. \end{aligned}$$

Если бы способ 3 был наилучшим, то такой же должна быть и стоимость машины в начале периода

$$V(s) = (1-n)[1 - (r_a + \lambda - i)dt]V(s+dt) + nV(s) + (1-n)B(s)dt - (\eta + nr_a - n\eta)V(s)dt + (1-n)\lambda W^+(s)dt.$$

Отсюда с точностью до малых более высокого порядка получаем

$$V(s) = [1 - (\rho + \lambda)dt]V(s+dt) + B(s)dt + \lambda W^+(s)dt,$$

где $\rho = r_a/(1-n) - i + \eta$.

Наиболее эффективному из трех способов использования нашей машины в рассматриваемом периоде должна отвечать наибольшая стоимость, поэтому

$$V(s) = \max\{W^+(s), [1 - (\rho + \lambda)dt]V(s+dt) + B(s)dt + \lambda W^+(s)dt\}. \quad (9)$$

Это уравнение отличается от (6) только ставкой дисконтирования τ вместо r . Поэтому исконая функция $V(s)$ будет удовлетворять уравнению (7), если в нем заменить r на ρ .

Выясним, чем отличаются ставки r и τ . Начнем с того, что при выводе формул (6) и (9) дисконтирование применялось к ожидаемым денежным потокам, так что обе ставки τ и r — безрисковые. В обеих формулах учет риска отказов производится одинаково — безрисковая ставка дисконтирования увеличивается на интенсивность отказов λ , играющую роль премии за риск.

Далее, при выводе формулы (6) ставка r использовалась для дисконтирования потоков, в которых не учитываются налоги и инфляция. Поэтому r — безрисковая, доналоговая и реальная ставка. А вот в выражение для τ входит посленалоговая номинальная ставка r_a . Ее устанавливают на основе публикуемых данных о доналоговой номинальной доходности надежных финансовых инструментов. Из них получают безрисковую доналоговую номинальную ставку, а затем пересчитывают ее в посленалоговую r_a , умножая на так называемый налоговый корректор $(1-n)$. Поэтому отношение $r_a/(1-n)$ — это безрисковая номинальная доналоговая ставка. Добавляя к ней ставку адвалорных расходов, мы учтем, что эти расходы уменьшают получаемые инвестором чистые выгоды, а вычитая темп роста цен на машины i , исключим влияние инфляции (превратим ее как бы в реальную¹⁰). Таким образом, определенная выше ставка τ имеет смысл надлежащим образом исчисленной безрисковой, доналоговой реальной ставки дисконтирования, т.е. близка по смыслу и величине к ставке r , входящей в формулу (6).

Решение уравнений (6)–(9) позволяет установить зависимость стоимости машины от ее эффективного возраста, пригодную для практической оценки. При этом исходная информация для построения такой зависимости относится только к дате оценки. Поэтому оценщику не требуется прогнозировать рыночную конъюнктуру и состояние оцениваемой машины на длительную перспективу.

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ

До сих пор мы предполагали известной зависимость $B(s)$ между интенсивностью операционных выгод, приносимых машиной, и ее ЭВ. Между тем надежной информации такого рода нет даже применительно к машинам, непосредственно приносящим доходы (например, автоматы для продажи продуктов, такси, вагоны-рестораны). По этой причине использовать модели (6) или (9), да и любые подобные, для прямой оценки стоимости машины не удается. Тем более такие модели не нужны для оценки стоимости машин в новом состоянии, поскольку это гораздо проще осуществляется по данным первичного рынка, где продаются такие машины. Гораздо важнее выяснить динамику обесценения машин, т.е. зависимость коэффициентов их годности от ЭВ. Именно для этой цели и строилась изложенная модель.

Если не ставить задачу оценки стоимости машин в новом состоянии, нет необходимости задавать функцию $B(s)$ точно. Дело в том, что при пропорциональном изменении интенсивности

¹⁰ При переходе от номинальных к реальным ставкам дисконтирования обычно исключают *средний по стране* темп роста цен, тогда как в данном случае исключается только темп роста цен на *оцениваемые машины*.

выгод и стоимости ремонта R стоимость машины меняется в той же пропорции. При этом ни коэффициент годности $g(s) = V(s)/V(0)$, ни средний коэффициент восстановления $AI(s) = [W(s) - V(s)]/V(0)$ не меняются. Поэтому для получения требуемых выводов достаточно было задать стоимость ремонта в процентах к восстановительной стоимости (ВС) машины, а функцию $B(s)$ – с точностью до множителя, указав лишь примерный характер ее изменения. На этом основании принималось, что $B(0) = 1$, $R = \psi V(0)$. Параметр ψ при этом характеризует относительную (по отношению к ВС) стоимость ремонта. Обычно для машин его величина лежит в пределах от 0,15–0,4.

Соответствующий расчет позволит выявить влияние надежности машины, стоимости и качества ее ремонтов на стоимость машины в новом состоянии $V(0)$. Этим предлагаемый подход отличается от традиционных технических подходов к оптимизации использования ненадежных машин (Kijima, 1989; Rykov, Balakrishnan, Nikulin, 2010; Scarsini, Shaked, 2000). Подобные результаты могут оказаться полезными при оценке новых видов машин и оборудования. Такой подход и был реализован в ходе экспериментальных расчетов, результаты которых описываются ниже. В этих расчетах исходные характеристики машины задавались следующим образом.

Имеющиеся данные о производительности машин разного возраста и затратах на их эксплуатацию позволяют хотя бы ориентировочно установить вид зависимости $B(s)$. Так, для одних видов машин с увеличением ЭВ снижение ИОВ происходит все быстрее и быстрее, а для других – все медленнее и медленнее. Такое явление мы описываем функциями вида

$$B(s) = B(0) \left[1 - (s/S)^m \right] \quad (10)$$

Величина S здесь характеризует долговечность машины, отражая возраст ее безубыточности. Представляется, что ее можно принимать близкой к амортизационному или иному назначенному сроку службы. Показатель степени m можно назвать эластичностью изнашивания машины – при росте ЭВ на 1% уменьшение ИОВ (по сравнению со значением в начале эксплуатации) снижается на $m\%$. При $m > 1$ ИОВ прогрессивно снижается с ростом ЭВ, тогда как при $0 < m < 1$ снижение ИОВ происходит с уменьшающейся скоростью. При m , близких к нулю, ИОВ будет практически не зависеть от ЭВ машины почти до достижения возраста безубыточности, после чего резко падает до нуля (это характерно для машин, рассчитанных на запланированный срок службы, такую политику производителей именуют плановой обsolesценцией).

Степенную зависимость ИОВ от возраста при $m = 2$ предложил немецкий оценщик М. Тимман для оценки зданий (Tiemann, 1970; Смоляк, 2013, 2014 г.). Соответствующий метод был отражен в нормативно-методических документах ФРГ и длительное время использовался на практике (Kleiber et al., 1998).

Существует сложность в описании вероятностных распределений стоимости и/или состояния машины после ремонта. Можно лишь утверждать, что после ремонта отказавшей машины ее состояние становится лучше, чем до отказа, но хуже, чем у новой машины. Оценки прироста стоимости машины после капитального ремонта обычно принимаются в диапазоне от 15 до 40% ВС (в (Справочник оценщика..., 2015) приводится более узкий доверительный интервал в 20–25%).

Мы принимали, что случайный коэффициент омоложения машины после ремонта τ имеет бета-распределение $B(a, b, \tau)$ с плотностью $\tau^{a-1}(1-\tau)^{b-1}/B(a, b)$ где $B(a, b)$ – стандартная бета-функция. Для этого распределения

$$q = \mathbf{M}[\tau] = \frac{a}{a+b}, \quad \mathbf{D}[\tau] = \frac{ab}{(a+b)^2(a+b+1)}, \quad v = \sqrt{\frac{\mathbf{D}[\tau]}{q(1-q)}} = \frac{1}{\sqrt{a+b+1}}.$$

Величины q и v могут принимать любые значения от 0 до 1, и они брались в качестве независимых переменных, а параметры a и b вычислялись по формулам $a = q(v^2 - 1)$; $b = (1 - q)(v^2 - 1)$.

В проведенных экспериментальных расчетах выяснялось, как влияют надежность машины и характеристики ее ремонта на стоимость машины и коэффициенты годности. Такой подход и полученные результаты могут оказаться полезными при оценке новых видов машин и оборудования.

В качестве базовой выбрана машина со следующими характеристиками:

$$S = 10; \psi = 0,25; \lambda = 0,4; m = 1; q = 0,5; \nu = 0,5 (a = b = 1,5).$$

Утилизационная стоимость машин считалась нулевой, ставка дисконтирования принималась в размере 0,1.

Уравнения модели решались численно. Было проведено несколько серий расчетов. В каждой серии менялась одна из характеристик машины, а значения других принимались базовыми. По результатам каждого расчета строились зависимости $V(s)$, $g(s)$ и $AI(s)$ стоимости машины и коэффициентов годности и восстановления от ЭВ. Эти зависимости, отвечающие меняющимся значениям ψ , λ , m , q и ν , представлены на рис. 1–12 (зависимости, отвечающие базовой машине, показаны сплошной жирной линией). В серединах линий заметны изломы. Они отвечают значениям ЭВ, после которых профилактический ремонт становится целесообразным.

Как видно из графиков, представленных на рис. 1–5, рост интенсивности отказов λ ведет к существенному снижению ВС машины и некоторому увеличению эффективного срока ее службы. Снижение ремонтпригодности (рост ψ) также уменьшает ВС машины и существенно сокращает эффективный срок ее службы. Меняется и динамика коэффициентов годности (рис. 6). Примерно такое же влияние оказывает снижение среднего качества ремонта (рост q). Увеличение m приводит к повышению ВС машины и эффективного срока ее службы. Это может показаться странным, так как с ростом m ИОВ начинает более резко снижаться по мере старения машины. Между тем с ростом m становится эффективным проводить профилактический ремонт машин большего возраста. Это ведет к увеличению эффективного срока службы машин и, соответственно, их ВС. Повышение волатильности ремонта ν почти не влияет на ВС машины и коэффициенты ее годности в первые годы эксплуатации. Однако эффективный срок службы при этом растет, так как повышается вероятность очень качественного ремонта.

На рис. 7–10 представлены зависимости коэффициентов восстановления AI от ЭВ при разных значениях параметров модели. Как мы видим, с ростом ЭВ коэффициент восстановления вначале растет (до своего максимального значения, равного относительной стоимости ремонта ψ), потом стабилизируется на максимальном уровне ψ (здесь проведение профилактических ремонтов становится эффективным), а затем начинает снижаться. Поэтому в среднем за срок службы будет $AI < \psi$, что объясняет сравнительно низкие значения AI в (Справочник оценщика..., 2015). Рис. 10 показывает, что при высоком качестве ремонта ($q > 0,7$) проводить профилактические ремонты неэффективно — здесь $AI < \psi$ всюду.

В ряде случаев машины имеют сравнительно большую стоимость, даже если их ЭВ в 3–6 раз больше возраста безубыточности. Такой результат может свидетельствовать о недостаточной адекватности модели. Тем не менее в ее оправдание можно привести три довода:

- положение можно исправить, если учесть в модели возможность случайных аварий, после которых машина подлежит утилизации. Это несколько усложнит модель, зато в этом случае с вероятностью 1 эффективные сроки службы машин уменьшатся до разумных пределов;
- известны случаи, когда на предприятиях используются по назначению очень старые машины, возраст которых в 4–5 раз превышает амортизационный срок службы;
- при практической оценке обычно имеют дело с машинами не слишком большого ЭВ, и в таких случаях указанный недостаток модели оказывается не очень существенным.

Приведенные рисунки относятся к машинам одной и той же долговечности ($S = 10$). Влияние долговечности на ВС машины отражено на рис. 11–14. Для сопоставимости по оси абсцисс здесь отложен не абсолютный, а относительный эффективный возраст — $\theta = s/S$.

На рис. 11–12 приведены зависимости $V(\theta)$ при разных S для относительно дешевого ($\psi = 0,15$) и относительно дорогого ($\psi = 0,4$) ремонта. Как видно из графиков, повышение долговечности ведет к увеличению ВС машины, но мало влияет на динамику коэффициентов годности. На рис. 13–14 те же зависимости приведены для низкой ($m = 0,5$) и высокой ($m = 2$) эластичности изнашивания машин. И здесь рост m ведет к увеличению ВС машины, но мало влияет на динамику коэффициентов годности.

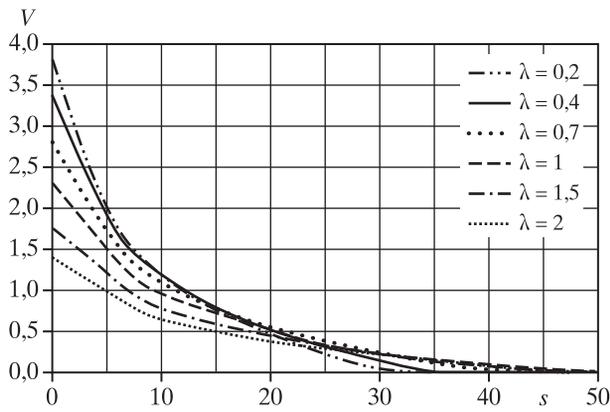


Рис. 1. Зависимость стоимости машины от ЭВ при разных λ

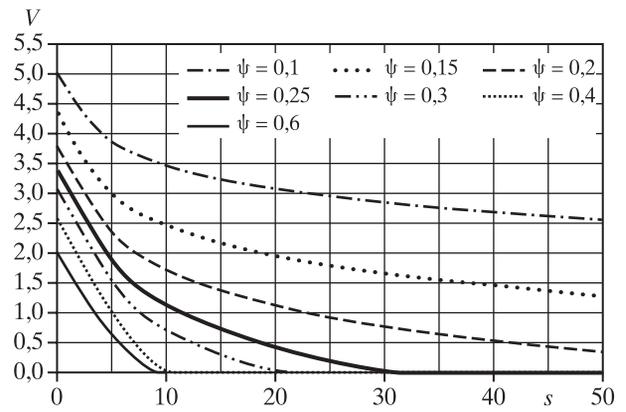


Рис. 2. Зависимость стоимости машины от ЭВ при разных ψ

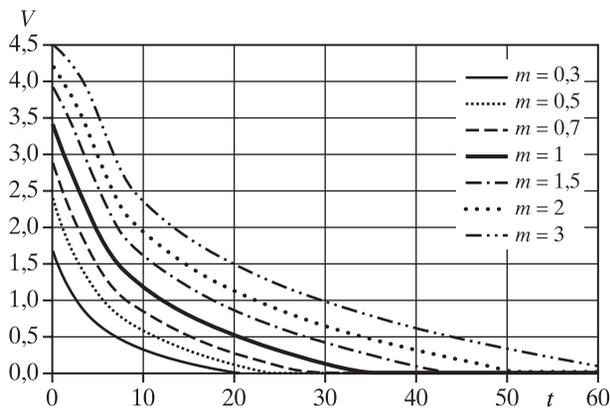


Рис. 3. Зависимость стоимости машины от ЭВ при разных m

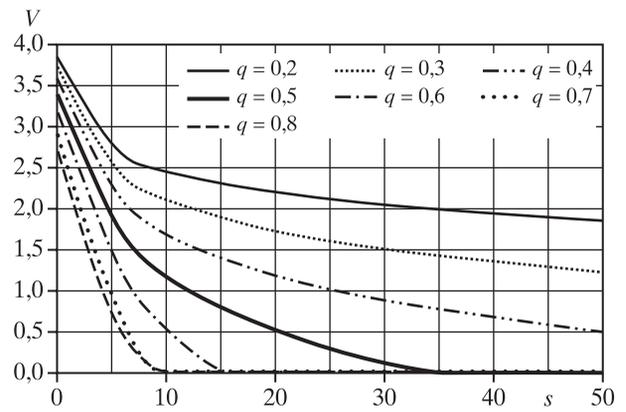


Рис. 4. Зависимость стоимости машины от ЭВ при разных q

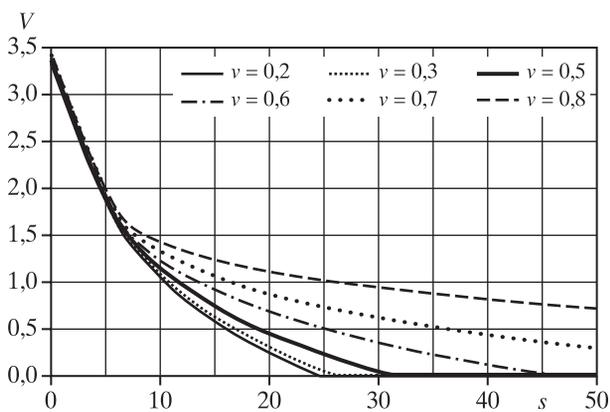


Рис. 5. Зависимость стоимости машины от ЭВ при разных v

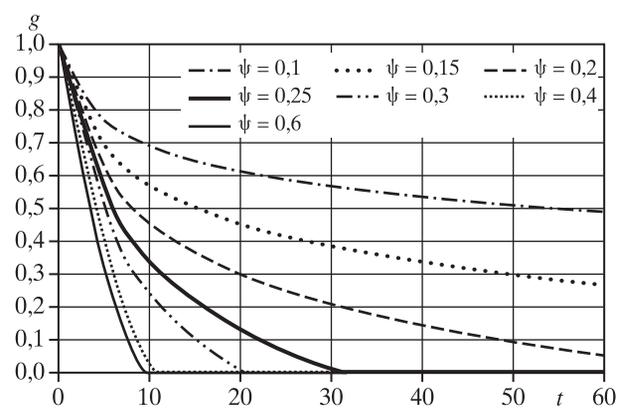


Рис. 6. Зависимость коэффициента годности от ЭВ при разных ψ

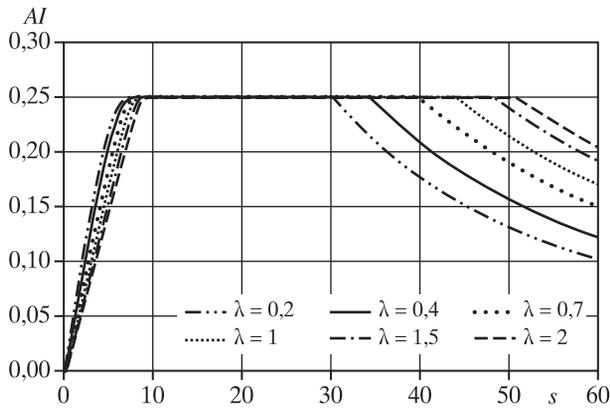


Рис. 7. Зависимость коэффициента восстановления от ЭВ при разных λ

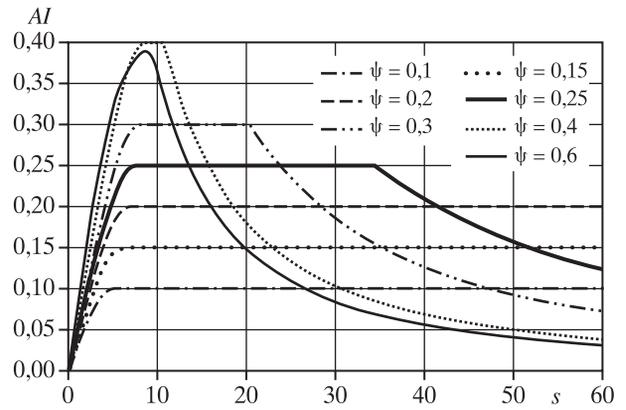


Рис. 8. Зависимость коэффициента восстановления от ЭВ при разных ψ

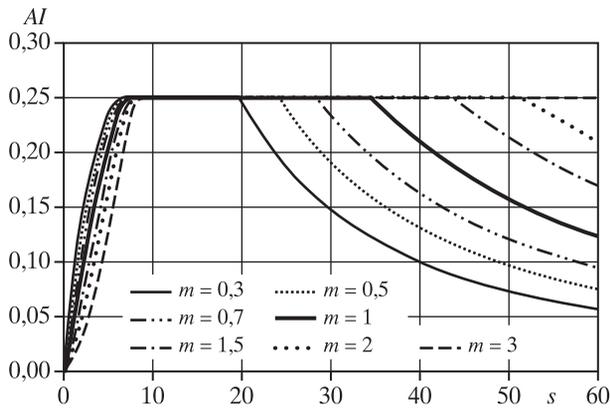


Рис. 9. Зависимость коэффициента восстановления от ЭВ при разных m

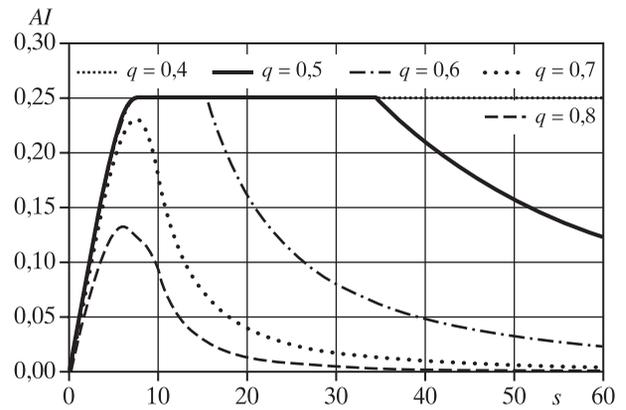


Рис. 10. Зависимость коэффициента восстановления от ЭВ при разных q

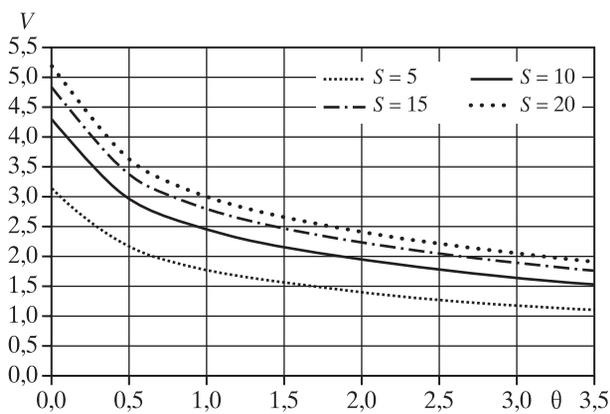


Рис. 11. Зависимость стоимости машины от относительного ЭВ при разных S ($\psi = 0,15$)

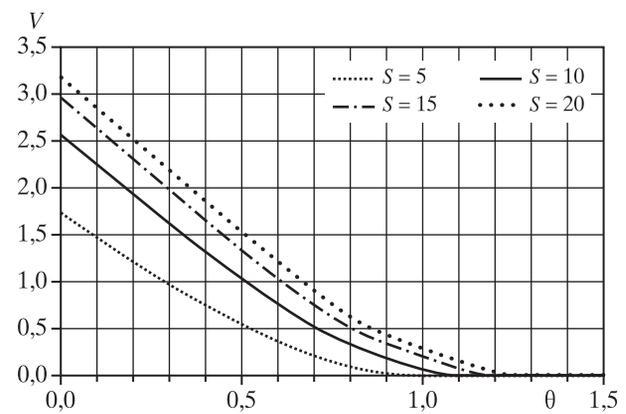


Рис. 12. Зависимость стоимости машины от относительного ЭВ при разных S ($\psi = 0,4$)

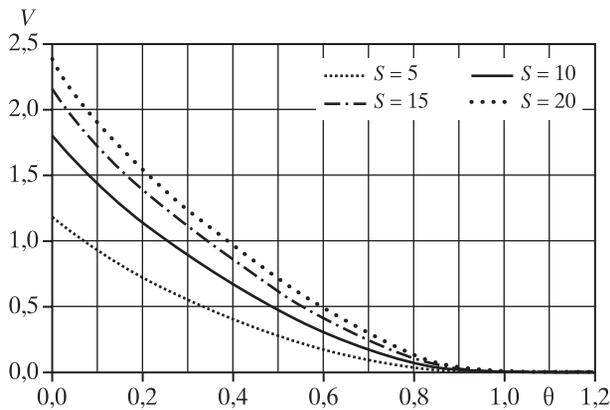


Рис. 13. Зависимость стоимости машины от относительного ЭВ при разных S ($m = 0,5$)

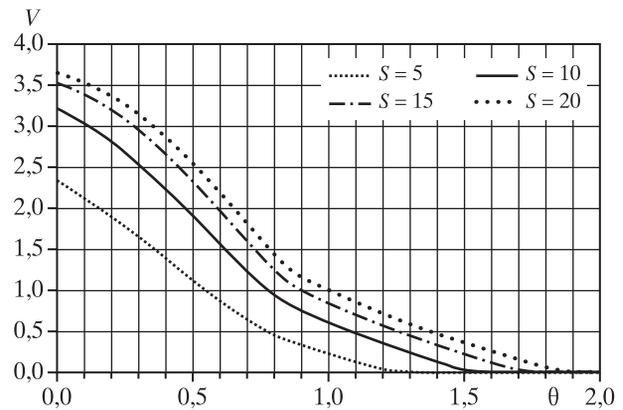


Рис. 14. Зависимость стоимости машины от относительного ЭВ при разных S ($m = 2$)

6. ПРИМЕНЕНИЕ К ПРАКТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ

До сих пор стоимость p единицы производимой машинами продукции считалась известной, тогда как оценить ее обычно затруднительно или даже невозможно. Однако этого допущения можно не вводить. Дело в том, что ВС машины K обычно легко оценить, базируясь на ценах первичного рынка. Теперь, считая все остальные характеристики машины известными, можно решить уравнение (7), положив, как и в разд. 5, интенсивность операционных выгод $B(0) = 1$. Полученное решение, обозначим его через $V^*(s)$, будет относиться к какой-то условной машине, и ее ВС $V^*(0)$ не обязана совпадать с K . Поскольку при изменении $B(0)$ решение задачи меняется пропорционально, обеспечить равенство $V(0) = K$ можно, приняв $V(s) = kV^*(s)$, где $k = K/V^*(0)$.

Остается заметить, что в силу (2) $B(0)$ выражается через показатели машины в начале эксплуатации $B(0) = pP(0) - C(0)$. Это позволяет оценить искомую стоимость единицы продукции $p = [k + C(0)]/P(0)$.

Располагая дополнительной информацией о ценах некоторых машин данной марки, подобный прием можно использовать и для оценки некоторых других параметров модели, как это сделано, например, в (Смоляк, 2008, разд. 4.6). Например, для оценки параметра m понадобится оценка стоимости каких-то подержанных машин данной марки с известным ЭВ. В то же время по некоторым характеристикам (например, по долговечности) оцениваемая машина может быть близка к машинам других марок, и тогда данные об их ценах могут быть использованы для оценки соответствующих параметров.

Проведенное исследование позволяет сделать ряд общих выводов.

1. Применяя нетрадиционную версию метода дисконтирования денежных потоков и принцип стабильности, можно установить зависимость стоимости машины от ее эффективного возраста, учитывая случайный характер процесса использования машины и характеристики ее надежности. Для этого достаточно информации, относящейся к дате оценке, и не требуется долгосрочного прогнозирования рыночной конъюнктуры и состояния машины.

2. Стоимость машины нередко оценивают, корректируя цену ее аналога с помощью разного рода коэффициентов, учитывающих различия в значениях отдельных характеристик у оцениваемой машины и ее аналога. При этом в качестве аналога иногда принимают машину другой марки. Однако если машина-аналог имеет иную надежность или другую систему ремонтов, соответствующие различия нельзя устранить применением каких-то поправочных коэффициентов. Так, в зависимости от состояния машины влияние интенсивности отказов на стоимость машины может быть как существенным, так и незначительным, прирост стоимости машины после ремонта может совпадать со стоимостью ремонта, но может быть и значительно ниже.

3. Обычно для всех машин одного назначения оценщики (как в РФ, так и в США) используют одну и ту же стандартную зависимость коэффициента годности от возраста машины. Между тем такие машины работают и ремонтируются в разных условиях и потому характеризуются разными значениями параметров λ и ψ . Это приводит к тому, что динамика коэффициентов годности у них оказывается совершенно разной. Поэтому стремление к унификации указанных зависимостей представляется ошибочным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрианов Ю.В.** (2002). Оценка автотранспортных средств. М.: Дело.
- Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (2015). Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Поли Принт Сервис.
- Европейские стандарты оценки 2003 (2006). М.: Российское общество оценщиков.
- Ковалев А.П.** (2010). Оценка активной части основных фондов. М.: Финстатинформ.
- Ковалев А.П., Кушель А.А., Королев И.В., Фаддеев П.В.** (2006). Основы оценки стоимости машин и оборудования. М.: Финансы и статистика.
- Международные стандарты оценки 2011 (2013). М.: Российское общество оценщиков.
- Микерин Г.И., Смоляк С.А.** (2010). Оценка эффективности инвестиционных проектов и стоимостная оценка имущества: возможности конвергенции. М.: ЦЭМИ РАН.
- Назаров О., Рутгайзер В.** (2011). Оценка машин и оборудования. М.: Квинто-Консалтинг.
- P-03112194-0376-98 (1998). Методика оценки остаточной стоимости транспортных средств с учетом технического состояния (утв. Минтранс РФ 10 декабря 1998 г.). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/55626>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: февраль 2016 г.).
- Смоляк С.А.** (2008). Проблемы и парадоксы оценки машин и оборудования. М.: РИО МАОК.
- Смоляк С.А.** (2013). Оценка износа зданий: модель Тимана и ее обобщения (часть 1) // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. № 12(147). С. 6–20.
- Смоляк С.А.** (2014а). Зависимость стоимости машин от возраста: проблемы и модели // *Аудит и финансовый анализ*. № 5. С. 138–150.
- Смоляк С.А.** (2014б). Оценка стоимости машин с учетом условий их эксплуатации // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. № 8(155). С. 70–82.
- Смоляк С.А.** (2014в). Оптимизация ремонтной политики и оценка стоимости машин с учетом их надежности // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 2(22). С. 122–131.
- Смоляк С.А.** (2014г). Оценка износа зданий: модель Тимана и ее обобщения (часть 2) // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. № 1(148). С. 25–35.
- Справочник оценщика машин и оборудования (2015). Корректирующие коэффициенты и характеристики рынка машин и оборудования. Нижний Новгород: Приволжский центр методического и информационного обеспечения оценки.
- Appraising Machinery and Equipment (1989). Alico J. (ed.). N.Y.: McGraw Hill Company.
- Arizona Department of Revenue. Personal property Manual 2011 (2011). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.azdor.gov/Portals/0/Brochure/AZ-Personal-property-Manual.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: февраль 2016 г.).
- Assessors' Handbook Section 581 (2010). Equipment and Fixtures Index, Percent Good and Valuation Factors. [Электронный ресурс] January. California State Board of Equalization. Режим доступа: <http://www.boe.ca.gov/proptaxes/pdf/ah58110.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: февраль 2016 г.).
- Kijima M.** (1989). Some Results for Repairable Systems with General Repair // *Journal of Applied Probability*. Vol. 26. P. 89–122.
- Kleiber W., Simon J., Weyers G.** (1998). Verkehrswertermittlung von Grundstücken –Kommentar und Handbuch zur Ermittlung von Verkehrs-, Versicherungs- und Beleihungswerten unter Berücksichtigung von WertV und BauGB. 3. Auflage. Köln: Bundesanzeiger Verlag.
- Marshall Valuation Service, 2011 (2011). Marshall and Swift Publication Company. 915 Wilshire Blvd., 8th Floor, Los Angeles, CA 90017.

- Oklahoma Business Personal Property Valuation Schedules (2010). [Электронный ресурс] Ad Valorem Division, Oklahoma Tax Commission. Режим доступа: <http://www.tax.ok.gov/advform/2013BPPValuationSchedule.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: февраль 2016 г.).
- Rykov V.V., Balakrishnan N., Nikulin M.S.** (eds.) (2010). *Mathematical and Statistical Models and Methods in Reliability*. N.Y.: Springer.
- Scarsini M., Shaked M.** (2000). On Value of an Item Subject to General Repair or Maintenance, with General Repair // *European Journal of Operational Research*. Vol. 122. P. 625–637.
- State of Nevada. Department of Taxation. 2009–2010 Personal Property Manual (2008). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.carson.org/Modules/ShowDocument.aspx?documentid=19386> Яз. англ. (дата обращения: февраль 2016 г.).
- Tiemann M.** (1970). Reformvorschläge zum Ertrags- und Sachwertverfahren. In: *“Allgemeine Vermessungsnachrichten”*. S. 523–530.

Поступила в редакцию 01.12.2015

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Andrianov Yu.V.** (2002). *Motor Vehicle Valuation*. Moscow: Delo (in Russian).
- Appraising Machinery and Equipment* (1989). Alico J. (ed.). N.Y.: McGraw Hill Company.
- Arizona Department of Revenue. *Personal Property Manual 2011* (2011). Available at: <http://www.azdor.gov/Portals/0/Brochure/AZ-Personal-property-Manual.pdf> (accessed: February 2016).
- Assessors' Handbook Section 581 (2010). *Equipment and Fixtures Index, Percent Good and Valuation Factors*. January. California State Board of Equalization. Available at: <http://www.boe.ca.gov/proptaxes/pdf/ah58110.pdf> (accessed: February 2016).
- European Valuation Standards 2003* (2003). Fifth edition. TEGoVa and Estate Gazette.
- International Valuation Standards 2011* (2011). International Valuation Standards Council.
- Kijima M.** (1989). Some Results for Repairable Systems with General Repair. *Journal of Applied Probability* 26, 89–122.
- Kleiber W., Simon J., Weyers G.** (1998). *Verkehrswertermittlung von Grundstücken – Kommentar und Handbuch zur Ermittlung von Verkehrs-, Versicherungs- und Beleihungswerten unter Berücksichtigung von WertV und BauGB*. 3. Auflage. Köln: Bundesanzeiger Verlag.
- Kovalev A.P.** (2010). *Evaluation of the Active Part of Fixed Assets*. Moscow: Finstatinform (in Russian).
- Kovalev A.P., Kushel' A.A., Korolev I.V., Faddeyev P.V.** (2006). *The Fundamentals of Machinery and Equipment Valuation*. Moscow: Finansy i statistika (in Russian).
- Marshall Valuation Service, 2011 (2011). Marshall and Swift Publication Company. 915 Wilshire Blvd., 8th Floor, Los Angeles, CA 90017.
- Mikerin G.I., Smolyak S.A.** (2010). *Efficiency Assessment of Investment Projects and Property Valuation: Opportunities for Convergence*. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Nazarov O., Rutgaiser V.** (2011). *Machinery and Equipment Valuation*. Moscow: Kvinto-Konsalting (in Russian).
- Oklahoma Business Personal Property Valuation Schedules (2010). Ad Valorem Division, Oklahoma Tax Commission. Available at: <http://www.tax.ok.gov/advform/2013BPPValuationSchedule.pdf> (accessed: February 2016).
- Rykov V.V., Balakrishnan N., Nikulin M.S.** (eds.) (2010). *Mathematical and Statistical Models and Methods in Reliability*. N.Y.: Springer.
- Scarsini M., Shaked M.** (2000). On Value of an Item Subject to General Repair or Maintenance, with General Repair. *European Journal of Operational Research* 122, 625–637.
- Smolyak S.A.** (2008). *Problems and Paradoxes of Machinery and Equipment Valuation*. Moscow: RIO MAOK (in Russian).
- Smolyak S.A. (2013). Assessment of Depreciation of Buildings: Tiemann's Model and Its Generalizations (part 1). *Property Relations in the Russian Federation* 12(147), 6–20 (in Russian).
- Smolyak S.A.** (2014a). The Dependence of the Market Values of Machinery and Equipment Items on their Age: Problems and Mathematical Models. *Audit and Financial Analysis* 5, 138–150 (in Russian).

- Smolyak S.A.** (2014b). Valuation of Machinery and Equipment Taking their Operating Conditions into Account. *Property Relations in the Russian Federation* 8(155), 70–82 (in Russian).
- Smolyak S.A.** (2014c). Overhaul Policy Optimization and Equipment Appraisals Concerning its Reliability. *Journal of the New Economic Association* 2(22), 122–131 (in Russian).
- Smolyak S.A.** (2014d). Assessment of Depreciation of Buildings: Tiemann's Model and Its Generalizations (part 2). *Property Relations in the Russian Federation* 1(148), 25–35 (in Russian).
- State of Nevada. Department of Taxation. 2009–2010 Personal Property Manual (2008). Available at: <http://www.carson.org/Modules/ShowDocument.aspx?documentid=19386> (accessed: February 2016)
- Tiemann M.** (1970). Reformvorschläge zum Ertrags- und Sachwertverfahren. In: *"Allgemeine Vermessungsnachrichten"*. S. 523–530.
- Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A.** (2015). Investment Project Assessment: Theory and Practice. Moscow: Poli Print Service (in Russian).
- P-03112194-0376-98 (1998). The Method of Assessment of the Residual Value of Vehicles with Regard to their Technical Condition (Approved by the Ministry of Transport on 10 December 1998). Available at: <http://www.zakonprost.ru/content/base/55626> (accessed: February 2016, in Russian).
- Guide Machinery and Equipment Appraiser (2015). Correction Factors and Characteristics of the Market of Machinery and Equipment. Nizhny Novgorod: Volga Center Methodical and Information Support of Valuation (in Russian).

Received 01.12.2015 г.

THE IMPACT OF RELIABILITY ON THE VALUE OF MACHINERY AND EQUIPMENT

S.A. Smolyak¹¹

Abstract. We propose a model for the valuation of machinery and equipment items which accounts for the possibility of their failures. Dealing with the consequences of such failures requires either the scrapping of equipment, or having the equipment to undergo repairs, following which the condition of it improves in a random way. The value of a machine is determined by reference to its highest and best use. Such a method presupposes, at any time, making an optimal choice as between the options for utilizing the machine for its intended purpose, its repair or disposal. The model also takes into account the fact that some technical and economic performance characteristics of the machine deteriorate with its age, and that some operating costs (such as property tax and insurance costs) are, in turn, dependent on the underlying value of the machine. To achieve solutions in this context, we apply a non-conventional version of the discounted cash flow analysis which only requires relying on the information related to the valuation date. Forecasting changes in market conditions over the coming lifetime of the machine is not required. Thus, we present the results of modelling that allow identifying the impact of durability, failure rate and maintainability on the value of machinery and equipment items of a different age.

Keywords: machine, equipment, valuation, highest and best use, depreciation, effective age, repair, random benefits, discounting.

JEL Classification: C44, C61, D46, D81.

¹¹ **Serguei A. Smolyak** – Doctor of Science (Economics), Chief scientific researcher, Central Economics and Mathematics Institute (CEMI), Russian Academy of Sciences, Moscow; smolyak1@yandex.ru.