
**МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

ЭРГОДИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗНОСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ*

© 2009 г. С.А. Смоляк

(Москва)

Для стоимостной оценки износа машин и оборудования применен метод дисконтирования денежных потоков. В предложенной модификации этот метод не требует прогнозирования технико-экономических показателей машины на предстоящий период ее эксплуатации. Он дает формулы для оценки износа, которые можно достаточно точно согласовать с данными о ценах реальных сделок с машинами разного возраста. Данный метод позволяет обобщить известную формулу Львова и применить ее для оценки стоимости новой или подержанной машины путем корректировки стоимости ее аналога.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Рассматривается проблема применения доходного подхода к оценке рыночной стоимости машин и оборудования. При этом используются следующие определения.

Под “машинами” будем понимать отдельно оцениваемые установки, машины, оборудование и транспортные средства. Машины подразделяем на *виды*, а каждый вид – на *марки* (этим термином для краткости обозначаем также разные модели и модификации). Будем считать, что разные марки машин одного вида используются для одних и тех же целей: они способны производить ту же продукцию, выполнять те же работы или оказывать те же услуги (в противном случае будем относить их к другому виду машин). Тем самым они “взаимозаменяемы” и являются товарами, конкурирующими друг с другом на рынке. Поэтому машина – это типичный представитель *массового* имущества, которое серийно изготавливается (производится, создается) и обращается на рынке в достаточно большом количестве. Рынок машин каждого вида делится на первичный и вторичный. На *первичном* рынке продаются машины в новом состоянии (только что изготовленные), на *вторичном* – подержанные (бывшие в эксплуатации). В некоторых странах доля вторичного рынка составляет порядка 20%. Реальных или потенциальных владельцев машин считаем рентабельно функционирующими фирмами, подпадающими под действие обычной системы налогообложения.

Оценка стоимости имущества (*property valuation theory*) – это прикладная экономическая дисциплина, являющаяся теоретической базой оценочной деятельности (*property valuation*). Она изучает проблемы оценки разных видов стоимости разных типов имущества на разные даты оценки. Полученные в этой теории результаты и лучшая практика их применения обобщены в *стандартах оценки*, в том числе международных (МСО 2005 (Международные стандарты оценки, 2005)) и европейских (ЕСО 2003 (Европейские стандарты оценки, 2003)).

Оценкой стоимости имущества (оценочной деятельностью) занимаются профессиональные *оценщики*, вырабатывающие свое *суждение*, руководствуясь прежде всего стандартами оценки и моделируя процесс установления сторонами цены в гипотетической сделке купли–продажи имущества. Стоимость имущества всегда определяется на какую-то *дату оценки*. Дата оценки – это дата, к которой относится заключение оценщика о стоимости имущества, и она может отличаться от той даты, когда производится процедура оценки или составляется отчет об оценке. Конкретные методы оценки стоимости имущества описываются, например в (Грибовский и др., 2003; Ковалев и др., 2003; Андрианов, 2002).

Видов стоимости несколько, но основным является *рыночная* (*market value*). В (Международные стандарты оценки, 2005) она определяется как «расчетная денежная сумма, за которую состоялся бы обмен имущества на дату оценки между заинтересованным продавцом в результате коммерческой

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 07-02-00160).

[“на расстоянии вытянутой руки”] сделки после проведения надлежащего маркетинга, при которой каждая из сторон действовала бы, будучи хорошо осведомленной, расчетливо и без принуждения» (Международные стандарты оценки, 2005, ОППО, п. 5.2). Важно иметь в виду, что машина как движимое имущество может иметь несколько рыночных стоимостей. Одна из них отражает стоимость машины “у продавца”, другая – “у покупателя” (т.е. “на месте, где она будет использоваться”). В основном мы будем иметь дело именно со стоимостью “у покупателя”, которая в отличие от первой включает затраты на доставку машины к месту применения и (при необходимости) ее монтаж.

Под *аналогом* оцениваемой машины будем понимать машину какой-то другой марки, заменяющую оцениваемую в сфере потребления, т.е. производящую ту же продукцию, хотя, возможно, в других объемах и в течение иного срока. Хронологическое время пребывания машины в эксплуатации (т.е. от момента ее приобретения в новом состоянии до даты оценки) называется ее (хронологическим) *возрастом*. Поэтому процесс эксплуатации машины одновременно является и процессом ее *старения*. Полезные результаты, производимые машиной в ходе эксплуатации, называются *продукцией* (это могут быть также работы или услуги).

Использование машины приносит ее владельцу определенные (*чистые*, т.е. за вычетом эксплуатационных расходов¹) выгоды. Для одних видов машин такие выгоды можно оценить непосредственно (по рыночной информации), для других – только косвенным (например, расчетным) путем. Поэтому оказывается удобным разделять машины на “конечные” и “промежуточные”. “Конечными” будем считать машины, производящие обращающуюся на рынке продукцию (работы, услуги) и потребляющие в основном обращающиеся на рынке ресурсы, а все остальные машины отнесем к “промежуточным”. Примерами “конечных” машин могут служить буровые установки, ксероксы или транспортные средства, предназначенные для оказания платных услуг населению. Продукция, произведенная “конечными” машинами, обращается на рынке и имеет рыночную стоимость. Поэтому результаты использования “конечной” машины можно измерить “непосредственно”, а именно, как рыночную стоимость произведенной продукции. Поэтому здесь выгоды от использования машины за любой отрезок времени можно оценить количественно, определяя их как рыночную стоимость произведенной продукции за вычетом эксплуатационных затрат. Исчисленные таким образом чистые выгоды будут практически совпадать с EBITDA (Earnings before Interests, Taxes, Depreciation and Amortization – прибыль до начисления амортизации и уплаты процентов и налогов), если в составе затрат не учитываются налоги, и с так называемым чистым операционным доходом, если включить их в состав затрат.

С “промежуточными” машинами ситуация иная. Они производят отдельные технологические операции (или промежуточную продукцию), не обращающиеся на рынке или потребляющие в значительных объемах продукцию других “промежуточных” машин своего предприятия. В первом случае нельзя прямо оценить стоимость производимой продукции, во втором – затраты на производство (т.е. стоимость потребляемых результатов работы других “промежуточных” машин). Примерами “промежуточных” машин будут двигатели, краны, печи и металлорежущие станки. Сюда же относится и автомат, разливающий на заводе соки в бутылки. Действительно, если считать его продукцией работу по розливу сока, то эта работа “в чистом виде” на рынке не обращается и непосредственно оценить ее стоимость нельзя. Если же считать его продукцией заполненные соком бутылки (а такая продукция обращается на рынке), то здесь нельзя непосредственно оценить затраты на производство, поскольку невозможно оценить стоимость поступающего на розлив сока – он является результатом работы большого числа “промежуточных” машин на предшествующих стадиях производства, но сам на рынке не обращается.

Чистые выгоды от использования “промежуточных” машин тоже можно представлять как рыночную стоимость произведенной продукции за вычетом эксплуатационных затрат, однако указанную рыночную стоимость и (или) эксплуатационные затраты уже нельзя подтвердить рыночными данными. Здесь необходимы “косвенные” методы стоимостного измерения чистых выгод. Укажем два таких метода (еще один метод будет изложен в конце статьи).

1. Промежуточная продукция или отдельные технологические операции, выполняемые машиной, обладают определенной полезностью для владельца, вносят свой вклад в рыночную стоимость го-

¹ Эксплуатационные расходы мы определяем как стоимость всех потребляемых в процессе эксплуатации материальных и трудовых ресурсов (для монтируемого оборудования – включая и арендную стоимость соответствующих производственных площадей), кроме амортизационных отчислений и процентов по займам, полученным на приобретение машины. Изменение отдельных статей чистого оборотного капитала (например, потребности в запасных частях или дебиторской задолженности покупателей производимой продукции) в процессе использования машин обычно мало влияет на величину чистых выгод и поэтому в статье не учитывается.

товой продукции и потому теоретически имеют рыночную стоимость в размере этого вклада (такое понимание может не соответствовать стандартам оценки). Иногда этот вклад можно оценить. Дело в том, что некоторые фирмы передают выполнение отдельных технологических операций другим специализированным фирмам (аутсорсинг). Тогда рыночная стоимость одной операции может быть оценена исходя из объема работ соответствующей аутсорсинговой фирмы и выручки от их выполнения.

2. Некоторые виды машин (равно как и недвижимости) можно взять напрокат – в аренду на определенный срок, скажем, на квартал. Тогда чистые выгоды от эксплуатации машины можно оценить рыночной ставкой платежа за аренду на тот же срок машины той же марки, находящейся в таком же техническом состоянии (различие будет лишь в затратах на предарендную подготовку машины и в степени риска, связанного с неполной информацией арендатора о состоянии арендуемой машины). В теории оптимального планирования, базирующейся на идеях Л.В. Канторовича, аналогичный показатель именовался прокатной оценкой машины (см. ниже).

Таким образом, чистые выгоды от использования машины в некотором отрезке времени – это не что-то абстрактное, типа морального удовлетворения. Это экономическое понятие, которое можно определить теоретически, а для некоторых машин – измерить (оценить) практически. Поэтому далее в ряде разделов величина и динамика чистых выгод в период эксплуатации машины будут считаться известными.

Процесс эксплуатации машин обычно моделируется в дискретном или непрерывном времени. В дискретных моделях период эксплуатации машины делят на шаги (обычно на годы) и рассматривают показатели объема производства продукции, эксплуатационных затрат и чистых выгод на каждом шаге. Значения чистых выгод на всех шагах образуют *денежный поток*, связанный с использованием машины. Такое определение применяется при оценке эффективности инвестиционных проектов. Однако оценщики понимают денежный поток как величину, относящуюся к некоторому отрезку времени. Поэтому для них “чистые выгоды” и “денежный поток” являются синонимами.

В непрерывных моделях оперируют с дифференциальными показателями *производительности* машины (количество продукции, произведенной машиной за малую единицу времени) и *интенсивности* эксплуатационных затрат и чистых выгод (величина этих затрат и чистых выгод за малую единицу времени).

Если систематически наблюдать за эксплуатацией машин разного возраста (а это иногда делается), то можно установить, как зависят производительность машины и затраты по ее эксплуатации² от ее возраста. Нередко такие зависимости, установленные для одних марок машин, могут применяться при оценке машин других марок того же вида.

Машины подвергаются *физическому износу*, т.е. по мере их старения:

- ухудшаются технические эксплуатационные характеристики (например, у станков – точность обработки, у электромашин – КПД), может снижаться и часовая производительность;
- увеличивается частота поломок и отказов, растет время простоя машины в ремонте, соответственно уменьшаются годовое время работы машины и ее годовая производительность;
- увеличиваются расход сырья и (или) топливно-энергетических ресурсов на эксплуатацию машины, потери от отказов (по мере старения машины ломаются все более дорогие ее части), затраты на технический сервис (включая ТО, ТР и капитальный ремонт), соответственно растут годовые затраты по эксплуатации машины;
- со временем универсальное оборудование оказывается невозможным (или слишком рискованным) задействовать при выполнении некоторых технологических операций, из-за чего сужается сфера возможного его применения и, стало быть, уменьшаются приносимые им выгоды.

Разумеется, ремонт (и не только капитальный) приводит к улучшению показателей, но общая тенденция все равно сохраняется. Количественные характеристики указанных явлений и некоторые технические объяснения можно найти в (Андрианов, 2002; Kellog, 1954; Чудаков, Темиров, 1965; Смоляк, Зубцов, Филимонов, 1976; Волков, Николаев, 1979; Колегаев, 1980; Анистратов и др., 2006) и других источниках.

Рассмотрим машину, приобретенную на первичном рынке и используемую некоторым способом. Каким бы ни был этот способ, в конце концов наступает момент, когда либо машина уже физически не может эксплуатироваться по своему назначению (т.е. для производства соответствующей продукции, выполнения работ или оказания услуг), либо ее дальнейшее функционирование

² Иногда наблюдаются только наиболее важные составляющие эксплуатационных затрат (например, расход топливно-энергетических ресурсов и запасных частей, затраты труда на обслуживание и ремонт), а остальные составляющие оцениваются укрупненно.

становится неэффективным, невыгодным. Этот момент определяет *срок службы машины*. В этот момент машина должна быть *утилизирована* – передана в сферу вторичного использования. Например, ее можно демонтировать, какую-то часть сдать в металлолом, а остальное отправить на запасные детали. Возможны и более эффективные способы утилизации. Так, авиационные двигатели, отслужившие свой ресурс, могут быть задействованы для сушки зерна на токах. Обычно на этапе утилизации владелец машины несет некоторые расходы и получает определенные доходы. Разность между утилизационными доходами и расходами определяет *утилизационное сальдо* машины, которое может быть как положительным, так и отрицательным.

Применяются три подхода к оценке имущества: доходный, сравнительный (рыночный, или основанный на сравнении продаж) и затратный. Общие принципы этих подходов излагаются в Международных и Европейских стандартах оценки (Международные стандарты оценки, 2005; Европейские стандарты оценки, 2003).

При *доходном* подходе оценка машины базируется на потоке чистых выгод владельца от ее последующего использования. Существенно, что в процессе эксплуатации размер приносимых машиной выгод меняется, причем срок ее службы может достигать 20–30 лет. Поэтому (в отличие, скажем, от некоторых типов зданий и сооружений) при оценке нельзя ограничиться только размером выгод, приносимых в каком-то одном (первом, текущем или “среднем”) году службы. Здесь необходимо вначале оценить размеры и динамику изменения выгод на протяжении всего оставшегося срока эксплуатации оцениваемой машины, а затем “конвертировать” поток этих выгод в показатель стоимости машины. Такое “конвертирование” осуществляется путем *дисконтирования* – приведения разновременных выгод к дате оценки и последующего их суммирования. Отсюда и название метода дисконтирования денежных потоков (ДДП).

Теоретически эксплуатировать машину можно различными *способами*. Однако согласно одному из принципов (принципу НЭИ) в основу оценки должно быть положено наиболее эффективное ее использование (НЭИ, Highest and Best Use, HАВU).

Нельзя не отметить, что ориентация на НЭИ при стоимостной оценке имущества позволяет применять в этих целях методологию оптимального планирования, разработанную в СССР для условий плановой экономики, о чем подробнее будет говориться далее.

Под наиболее эффективным будем понимать признаваемый рынком, технически возможный и юридически допустимый способ использования эксплуатации, которому отвечает наибольшее значение стоимости, т.е. наибольшая сумма дисконтированных чистых выгод (существующие определения этого понятия немного иные). Срок службы машины, отвечающий наиболее эффективному способу эксплуатации, будем называть *рациональным* и измерять в годах. Обычно такие сроки не слишком велики.

При оценке инвестиционных проектов и бизнеса нередко возникает ситуация, когда в течение расчетного периода или в конце его истекает рациональный срок службы машины. Тогда в денежном потоке необходимо отразить финансовый результат от ее утилизации, т.е. ее утилизационное сальдо. Утилизационное сальдо, отвечающее наиболее эффективному способу утилизации машины, называется *ее утилизационной стоимостью* (salvage value). Она тоже является *рыночной* стоимостью данной машины, только оцененной не на дату оценки самой машины, а на будущую дату ее утилизации. Поэтому она близка по содержанию к реверсионной стоимости имущества (Грибовский и др., 2003), также оцениваемой на некоторую будущую дату. Далее будем считать утилизационную стоимость известной (обычно она составляет 4–9% стоимости машины в новом состоянии).

При *сравнительном* подходе оценка машины базируется на ценах продажи таких же или аналогичных машин.

Методология *затратного* подхода полнее раскрывается в Европейских стандартах оценки (ЕСО). Приведем ряд соответствующих положений из (ЕСО, 2003, Руководство 3, пп. GN3.07-GN3.16), несколько изменив их порядок.

“Отправным пунктом для оценки может являться либо стоимость приобретения, либо восстановительная стоимость... При определении стоимости должны приниматься во внимание возраст, средний срок пригодности к эксплуатации, возможный срок будущего использования, эксплуатационное состояние (такое как возраст и состояние ремонта) и использование.

Стоимость приобретения (acquisition value) получается из затрат, которые были понесены, чтобы приобрести установку или объект машин и оборудования, плюс любые дополнительные затраты по доставке, страхованию, уплате налогов или таможенных пошлин, а также по оплате сборочных работ...

Значения коэффициентов годности для машин разного возраста

Возраст, годы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Автогрейдеры	1	0.94	0.82	0.67	0.60	0.40	0.28	0.15	0.10	0.02	0.01
Экскаваторы	1	0.96	0.92	0.88	0.85	0.70	0.46	0.33	0.25	0.12	0.05

Восстановительной стоимостью (reinstatement value) называют затраты на установку объекта в новом и безупречном состоянии на дату оценки... Восстановительная стоимость может определяться либо на базе стоимости приобретения, либо путем сравнения с новой ценой машин того же типа с аналогичными характеристиками. Такая восстановительная стоимость может быть получена из стоимости приобретения при покупке нового оборудования, скорректированной посредством подходящего индекса для приведения этой стоимости к дате оценки. Часто, однако, современные виды оборудования, которые выпускаются на момент оценки, могут не быть сопоставимыми с оцениваемым в том, что касается рассматриваемого оборудования, его характеристик, результатов работы или аналогичных черт, особенно если технология, относящаяся к рассматриваемому процессу, усовершенствовалась или изменилась. Возможен также случай, когда изменение в процессе изготовления объекта привело к снижению цен. В подобных случаях понадобится корректировка стоимости для отражения того факта, что оцениваемый объект не имеет улучшенных или измененных свойств сопоставимых объектов”.

Обычно оценка машины с помощью затратного подхода включает два этапа. На первом оценивается рыночная стоимость оцениваемой машины в новом состоянии (восстановительная стоимость), на втором – полученная стоимость корректируется с учетом состояния оцениваемой машины. Различие между оцениваемой машиной и машиной той же марки в новом состоянии, выраженное в денежных единицах или процентах, оценщики именуют *износом* (depreciation)³.

Оценивать размеры износа можно разными методами, но любой из них согласно МСО будет отнесен к *сравнительному* подходу (см. выше), поскольку речь идет о корректировке стоимости машины в новом состоянии на разницу в возрасте, пробеге, наработке или иной характеристике состояния машины. Из изложенного следует, что достаточно четко разграничить сравнительный и затратный подходы к оценке рыночной стоимости машин не удается.

Один из методов оценки износа – *метод процентов годности*, широко распространенный как в России, так и других странах, исходит из того, что техническое состояние, а значит, и стоимость машины достаточно хорошо определяются ее возрастом. Это позволяет, обработав статистически данные о ценах реальных сделок с машинами разного возраста, получить *коэффициенты годности* $k(t)$, отражающие рыночную стоимость машины возраста t по отношению к рыночной стоимости машины той же марки в новом состоянии. Такие коэффициенты (в США они выражаются в процентах и именуются “percent good factors” – процентами годности, полезности) обычно представляются таблицами или аналитическими выражениями⁴. Износ машины (в долях единицы, а не в процентах) при этом будет равен $1 - k(t)$.

В теории оценки постулируется, что при правильном применении все три подхода должны давать одну и ту же оценку стоимости.

2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ДОХОДНОГО ПОДХОДА. ЭРГОДИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗНОСА МАШИН

Рассмотрим задачу оценки стоимости машин некоторой марки. Будем описывать процесс их старения в непрерывном времени (в этом случае многие результаты выглядят намного проще). Кроме того, будем считать, что техническое состояние машины полностью характеризуется ее возрастом. Пусть T – рациональный срок службы машины, $K(t)$ – стоимость машины возраста t ; $B(t)$ – интенсивность выгод от ее использования, т.е. размер этих выгод, получаемых в малую единицу времени. При этом $K(0)$ (или просто K) совпадает со стоимостью машины в новом состоянии (т.е. на первичном рынке), а $K(T)$ – с ее утилизационной стоимостью, которую обозначим через U и будем считать

³ Эти же термины используются и в бухгалтерском учете, но уже в ином смысле – для обозначения амортизационных отчислений, начисленных по установленным государством нормам и правилам.

⁴ Теоретически проценты годности должны зависеть от марки машин, но на практике для разных марок машин одного вида они принимаются одинаковыми.

известной величиной. Тем самым эксплуатация машины возраста t в течение времени dt приносит чистые выгоды в размере $B(t)dt$.

Разумеется, допущение, что техническое состояние машины полностью характеризуется ее возрастом, довольно ограничительное. На самом деле оно зависит от того, каким именно способом машина использовалась *до даты оценки* (при определении рыночной стоимости постулируется, что *после даты оценки* машина должна эксплуатироваться наиболее эффективно). Учесть данное обстоятельство можно, если технические специалисты оценят так называемый *эффективный* возраст машины. Он примерно отвечает возрасту машины, которая ранее эксплуатировалась наиболее эффективным способом и на дату оценки оказалась в том же техническом состоянии, что и оцениваемая машина. Поэтому излагаемые ниже соображения останутся справедливыми и тогда, когда под возрастом машины будет пониматься не хронологический, а эффективный возраст.

Доходный подход к оценке машины исходит из следующего методического положения, который можно назвать **принципом дисконтирования**: *стоимость имущества на некоторую дату оценки равна сумме дисконтированных выгод от использования имущества в течение некоторого периода (в пределах рационального срока) и дисконтированной стоимости имущества в конце периода.*

Отсюда можно вывести известные формулы, которые (обычно в дискретном представлении) широко применяются при оценке имущества.

Предположим вначале, что *инфляция отсутствует*, и рассмотрим, например, машину в новом состоянии. Если она эксплуатируется наиболее эффективно и рациональный срок ее службы составляет T лет, то принцип дисконтирования дает следующее выражение для ее стоимости $K(0)$:

$$K(0) = \int_0^T e^{-rs} B(s) ds + U e^{-rT}, \quad (1)$$

где r – непрерывная ставка дисконтирования, которую будем считать неизменной во времени. Для машины возраста t формула оказывается следующей:

$$K(t) = \int_t^T e^{-r(s-t)} B(s) ds + U e^{-r(T-t)}. \quad (2)$$

Полученные формулы⁵ позволяют определить рациональный срок службы машины. Действительно, такому сроку отвечает наибольшее значение правой части равенства (1). Дифференцируя правую часть (1) по T и приравняв производную к нулю, получим:

$$B(T) = rU. \quad (3)$$

Поскольку обычно чистые выгоды от использования машины имеют тенденцию к снижению во времени, полученное равенство обычно определяет рациональный срок службы однозначно.

Интересно отметить также следующее обстоятельство. Дифференцируя равенство (2) по t , получаем

$$K'(t) = -B(t) + r \int_t^T e^{-r(s-t)} B(s) ds + rU e^{-r(T-t)} = rK(t) - B(t). \quad (4)$$

В частности, при $t = T$ отсюда и из (3) вытекает, что

$$K'(T) = rK(T) - B(T) = rU - rU = 0.$$

Но функция $B(t)$ с течением времени убывает, поэтому из (4) имеем:

$$K''(T) = rK'(T) - B'(T) = -B'(T) < 0.$$

Это значит, что функция $K(t)$ в конце срока службы является выпуклой вниз и имеет горизонтальную касательную.

Заметим теперь, что величина $-K'(t)$ отражает уменьшение стоимости машины за малую единицу времени (производная $K'(t)$ обычно отрицательна) и может интерпретироваться как экономическая амортизация за этот отрезок времени (в оценочной деятельности – износ⁶). Перепишем теперь

⁵ Аналогичные формулы можно написать и для ситуации, когда ставка дисконтирования меняется во времени, но они нам не понадобятся.

⁶ Оценщики обычно исчисляют *накопленный* износ. В данном случае износ, накопленный за срок t от начала эксплуатации, будет равен $K(0) - K(t)$.

формулу (4) в виде $B(t) = -K'(t) + rK(t)$. Эта формула имеет простую экономическую интерпретацию: при наиболее эффективном использовании машины приносимые ею выгоды включают сумму экономической амортизации (износа) и дохода на вложенный в машину капитал (равный ее рыночной стоимости) по ставке, равной ставке дисконтирования (которая в свою очередь, отражает максимальную доходность альтернативных направлений инвестирования). Между тем выгоды от наиболее эффективной эксплуатации машины в некотором отрезке времени отражают, по современной оценочной терминологии, рыночную стоимость права пользования машиной в этот период или рыночную арендную плату, а в терминологии Л.В. Канторовича, принятой в теории оптимального планирования, – прокатную оценку машины за эту единицу времени. Поэтому справедливо утверждение: *рыночная плата за аренду машины в течение единицы времени складывается из износа машины за время аренды и нормального дохода (по норме, равной ставке дисконтирования) на вложенный в машину капитал (т.е. на рыночную стоимость машины)*.

В теории оптимального планирования этот результат был получен много лет тому назад (Лившиц, 1971; Лившиц, Смоляк, 1972).

При наличии инфляции приведенные выше расчетные формулы изменяются. Дело в том, что приносимые машиной чистые выгоды теперь будут зависеть не только от ее возраста, но и от уровня цен в тот момент, когда машина используется. В результате на утилизационное сальдо будет влиять момент утилизации, а интенсивность чистых выгод, приносимых машиной возраста t в момент времени s , будет уже функцией двух переменных $B(t, s)$, поэтому

$$K(t) = \int_t^T e^{-r(s-t)} B(s, s-t) ds + U(T) e^{-r(T-t)},$$

где r – непрерывная номинальная ставка дисконтирования. Какого-то простого условия оптимальности срока службы машины при этом не получается, да и сами эти сроки у машин разных лет выпуска могут оказаться разными.

Обратим внимание на характер приведенных формул. В них стоимость машины определяется путем суммирования (с некоторыми весовыми коэффициентами) чистых выгод от последующего использования машины. Именно это обстоятельство является основой для критики доходного подхода. Дело в том, что в таком случае оценка стоимости машины требует *прогнозирования* приносимых ею чистых выгод на достаточно продолжительный период. Разумеется, указанный недостаток можно устранить, введя дополнительные предположения. Самое простое (и такой прием часто применяется в задачах, связанных с дисконтированием денежных потоков) – предположить, что все чистые выгоды и утилизационное сальдо измеряются в ценах одного и того же уровня (в реальном исчислении). Тогда формулы (1) и (2) сохраняются, но под r теперь придется понимать непрерывную реальную ставку дисконтирования. Однако, как показывает опыт развитых стран, реальные ставки дисконтирования со временем изменяются. В частности, вряд ли можно считать их неизменными на протяжении срока службы таких машин, как металлообрабатывающие станки, прокатные станы, порталные краны, судовое оборудование и т.п. Кроме того, остается неясным, каким образом, располагая любой информацией о машинах разного возраста на дату оценки, можно оценить реальные выгоды, которые будет приносить машина в последующие годы, не прогнозируя структурную инфляцию, т.е. различия между темпами общей инфляции в стране и темпами роста цен на производимую машиной продукцию и потребляемые ею ресурсы.

Оказывается, при оценке машин указанные трудности можно обойти. Это обусловлено двумя обстоятельствами. Во-первых, если ставка дисконтирования стабильна, а инфляция отсутствует, т.е. цены всех товаров, работ и услуг остаются неизменными во времени, то применение формулы (2) не требует прогнозирования. Все входящие в нее переменные при этом можно оценить, анализируя показатели машин разного возраста на дату оценки. Это значит, что необходимость прогнозирования обусловлена только инфляцией, изменением цен на различные товары, работы и услуги. Во-вторых, инфляция, в том числе и структурная, имеет место в разных странах, и во всех странах оценщики машин широко используют метод процентов годности, хотя изредка и пересчитывают или уточняют эти проценты. Это означает, что такие коэффициенты для машин одного вида считаются достаточно стабильными даже в условиях инфляции (нетрудно придумать примеры такой динамики цен на производимую машинами этого вида продукцию и потребляемые ими ресурсы, при которой указанные коэффициенты будут ежегодно существенно изменяться, однако на практике подобные ситуации обычно не встречаются).

По этой причине именно применительно к оценке машин характер инфляционных процессов не вызывает необходимости сравнительно частого пересмотра процентов годности. Это означает, что здесь имеет место вполне определенный тип структурной инфляции – назовем ее *видовой инфляцией*. Она характеризуется тем, что *одинаково влияет на рыночные стоимости машин данного вида любой марки и возраста*. Поэтому в условиях видовой инфляции для машин одного вида:

- отношение $k(t)$ стоимости машины в возрасте t к стоимости такой же машины в новом состоянии (в возрасте 0 лет) не зависит от того, в какой момент времени это отношение исчисляется;
- цены машин на первичном рынке и рыночные стоимости подержанных машин (а также, кстати, и их утилизационная стоимость) изменяются прямо пропорционально;
- *темпы роста рыночных стоимостей машин на вторичном рынке будут тот же, что и на первичном*, хотя и может отличаться от темпа общей инфляции (так, если за год цена машины на первичном рынке выросла на 5%, то машина в возрасте 4 лет будет через год стоить на 5% больше, чем стоит машина того же возраста сегодня, хотя цены в стране могут при этом вырасти в среднем, скажем, на 10%).

Видовая инфляция не есть что-то необычное. Наоборот, расчеты эффективности реальных инвестиционных проектов нередко проводятся в предположениях видовой инфляции. Например, в строительных проектах приходится учитывать как рост цен на жилые и офисные помещения, так и рост затрат на строительные-монтажные работы. При этом в расчеты закладываются некоторые средние темпы роста. Но это как раз и означает, что в расчете предполагаются одинаковые темпы роста цен на любые (а не только сооружаемые по проекту) жилые и офисные помещения и на все виды строительные-монтажные работ по строительству жилых или офисных зданий.

Предположение о видовом типе инфляции позволяет сильно упростить оценки рыночной стоимости машин. Основной характеристикой видовой инфляции будет ее темп. Обозначим через i *непрерывный* темп изменения цен на машины данного вида на первичном рынке, имеющий место *на дату оценки*, т.е. в начальный момент времени⁷.

Номинальную непрерывную ставку дисконтирования *на эту же дату* обозначим через r_n . Имеются различные методы оценки этой ставки (например, метод рыночной экстракции), но мы не будем на них останавливаться. Отметим лишь, что обычно удается ее оценить. В то же время прогнозирование этой ставки является более трудной задачей, и оценщики стараются этого избегать.

Заметим, что машины – это массовый товар. Пусть на дату оценки (в момент $t = 0$) на равновесном рынке обращаются машины некоторой марки разного возраста. Возьмем одну из таких машин, имеющую возраст t , и рассмотрим малый отрезок времени $(0, dt)$. В соответствии с принципом дисконтирования стоимость данной машины $K(t)$ равна сумме двух дисконтированных к начальному моменту слагаемых:

1) выгоды $B(t)dt$, приносимых машиной за время dt (примерно в середине этого отрезка времени);

2) стоимости машины через время dt , т.е. в момент, когда она “постареет” и ее возраст станет равным $t + dt$.

Но стоимость машины той же марки в возрасте $t + dt$ в момент $t = 0$ по определению равна $K(t + dt)$. Через время dt номинальная цена этой машины (равно как и цены *всех* машин данной марки) изменится в $1 + idt$ раз и составит $(1 + idt)K(t + dt)$. Теперь, поскольку отрезок времени dt малый, основное соотношение доходного подхода с точностью до малых более высокого порядка можно записать:

$$\begin{aligned} K(t) &\approx (1 - 0.5r_n dt)B(t)dt + (1 - r_n dt)(1 + idt)K(t + dt) \approx \\ &\approx B(t)dt + [1 - (r_n - i)dt]K(t + dt) \approx K(t) + \{B(t) - (r_n - i)K(t) + K'(t)\} dt. \end{aligned}$$

Легко увидеть, что это равенство может выполняться только, когда

$$K'(t) - \rho K(t) + B(t) = 0, \quad (6)$$

где $\rho = r_n - i$ – разность между номинальной ставкой дисконтирования и темпом роста цен на машины данного вида на первичном рынке, которую будем называть *специальной* ставкой дисконтирования. Отметим, что эта ставка может превышать “обычную” реальную ставку (номинальную ставку за

⁷Мы не предполагаем, что темпы роста цен машин данного вида были такими же в период, предшествующий дате оценки, и останутся такими же в последующий период использования машин.

вычетом темпа общей инфляции), если темп роста цен первичного рынка на машины меньше темпа общей инфляции.

Решением уравнения (6) с граничным условием $K(T) = U$ будет

$$K(t) = \int_t^T e^{-\rho(s-t)} B(s) ds + U e^{-\rho(T-t)}. \quad (7)$$

Как и ранее, в рассматриваемой ситуации рациональный срок службы машины T определяется из условия максимума правой части (7). Это приводит к соотношению, аналогичному (3):

$$B(T) = \rho U. \quad (8)$$

Если специальная ставка дисконтирования больше (меньше) реальной, то рациональный срок службы машины окажется больше (меньше), чем исчисленный по формуле (3).

В отличие от формулы (2), где суммируются (с некоторыми весами) чистые выгоды, приносимые одной машиной *в течение предстоящего срока ее службы*, в (7) суммируются (с несколько иными весами) чистые выгоды, приносимые машинами разных возрастов *на дату оценки*. Другими словами, *суммирование по времени здесь заменено суммированием по состояниям машины*. Здесь уместно провести аналогию с эргодическими процессами, в которых среднее значение по траектории движения системы равно среднему значению по возможным состояниям этой системы в фиксированный момент времени. На этом основании модели изменения стоимости машины в условиях видовой инфляции можно именовать *эргодическими*.

Другое отличие формул связано с весами, применяемыми при суммировании чистых выгод. В (2) эту роль играют коэффициенты дисконтирования, определяемые на основе реальной ставки дисконтирования (в общем случае – реальных ставок, разных в разные моменты времени, прогнозирование которых весьма затруднительно). Между тем сходные по внешнему виду веса, входящие в (7), определяются величиной номинальной специальной ставки дисконтирования на дату оценки, оценить которую значительно проще (см. выше).

3. ПРИЛОЖЕНИЕ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГОДНОСТИ

В тех случаях, когда имеется возможность (например, на основе данных помашинного учета) установить зависимость $B(t)$, оценку подержанных машин можно производить по формуле (7). Однако обычно имеющейся информации недостаточно для “полного восстановления” указанной зависимости. Тогда стоимость подержанной машины некоторой марки оценивают как произведение восстановительной стоимости этой машины на коэффициент годности.

Предположим, что машины той же марки имеются на первичном рынке (ситуацию, когда они сняты с производства и не продаются на первичном рынке, рассмотрим в разд. 5). Тогда их стоимость одновременно будет восстановительной стоимостью оцениваемой машины. Остается определить соответствующие коэффициенты годности. Для этого можно предложить излагаемые ниже относительно простые модели. В них приняты следующие обозначения: $k(t) = K(t)/K(0)$ – коэффициент годности; $b(t) = B(t)/K(0)$ – относительная интенсивность выгод и $u = U/K(0)$ – относительная утилизационная стоимость.

С использованием этих относительных показателей формулы (6)–(8) принимают вид:

$$k'(t) - \rho k(t) + b(t) = 0, \quad (9)$$

$$k(t) = \int_t^T e^{-\rho(s-t)} b(s) ds + u e^{-\rho(T-t)}, \quad (10)$$

$$b(T) = \rho u. \quad (11)$$

Поясним, чем обусловлена необходимость построения излагаемых ниже моделей и чем плохи многочисленные таблицы и формулы, предназначенные для определения коэффициентов годности (или процентов износа) разных видов машин и оборудования. Дело в том, что проведенный анализ известных табличных или аналитических моделей показал, что процессы износа машин они описы-

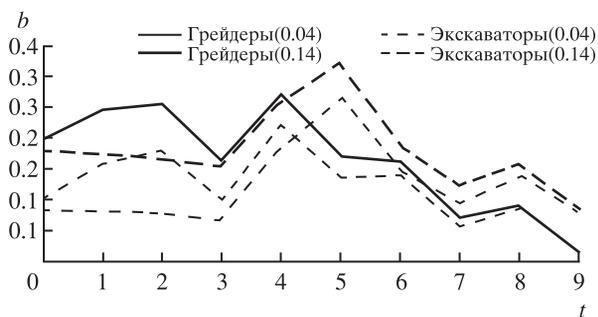


Рис. 1

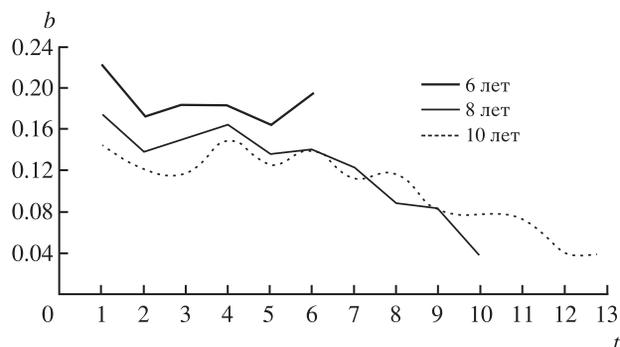


Рис. 2

вают неадекватно. Убедимся в этом на примере одной из таких таблиц, приведенной в (Андрианов, 2002, с. 130) и относящейся к автогрейдерам и одноковшовым экскаваторам (см. таблицу).

В силу формулы (10) имеем:

$$k(t) = e^{-\rho} k(t+1) + \int_t^{t+1} e^{-\rho(s-t)} b(s) ds \approx e^{-\rho} k(t+1) + e^{-\rho/2}(t+0.5).$$

Отсюда находим

$$b(t+0.5) = e^{\rho/2} k(t) - e^{\rho/2} k(t+1).$$

Мы не знаем, когда составлялись указанные таблицы и, следовательно, каким именно ставкам дисконта они отвечают. Поэтому проведем расчет интенсивностей чистых выгод по полученной формуле при $\rho = 0.04$ и $\rho = 0.14$ (это примерно соответствует ставкам дисконтирования 4.1 и 15.0% годовых). Полученные результаты представлены на рис. 1. Как видим, ничего похожего на общую тенденцию к снижению интенсивности приносимых машиной выгод по мере ее старения не наблюдается. Более того, оказывается, что выгоды, приносимые подержанной машиной (независимо от ставки дисконтирования), иной раз превышают выгоды от использования машины в новом состоянии, что невозможно. Подобное явление было обнаружено в десятках таблиц и формул для определения коэффициентов годности, приведенных в российских и зарубежных публикациях.

Так, в США налог на имущество является местным, а власти стараются сблизить налогооблагаемую стоимость имущества с рыночной. В этих целях оценщики по заданию властей разрабатывают и публикуют таблицы процентов годности, чтобы с их помощью граждане могли сами оценить рыночную стоимость своего имущества. Мы взяли такие таблицы по Сан Диего⁸ (Калифорния) для промышленных машин со стандартными сроками службы 6.8 и 10 лет. Соответствующие значения $b(t)$, рассчитанные указанным выше способом при $\rho = 6.75\%$, представлены на рис. 2. Здесь зависимость приносимых машинами выгод от их возраста также носит причудливый и необъяснимый характер (критическое рассмотрение других табличных и аналитических методов оценки коэффициентов годности см. в (Смоляк, 2008)).

Именно эти обстоятельства и дали автору основание предложить альтернативные методы оценки коэффициентов годности, лишенные указанного недостатка. Более того, предложенные зависимости оказались возможным за счет подбора входящих в них калибровочных параметров согласовывать с информацией о ценах реальных сделок с подержанными машинами. Перейдем теперь непосредственно к описанию моделей.

Экспоненциальная модель. В этой модели, предложенной в (Смоляк, 2006), принято, что уменьшение относительных выгод по мере старения машины обусловливается экспоненциальным нарастанием отдельных статей эксплуатационных расходов (прежде всего затрат на техническое

⁸ См.: <http://www.sdarcc.com/arcc/docs/depreciationschedule.pdf>.

обслуживание и ремонт). Поэтому динамика $b(t)$ описывается двухпараметрической зависимостью

$$b(t) = h(1 - e^{\mu(t-T)})/\mu + \rho u. \quad (12)$$

Легко убедиться, что равенство (10) при этом всегда выполняется. Чтобы найти h , подставим (12) в формулу (11), положим в ней $t = 0$ и учтем, что $k(0) = 1$. В результате найдем

$$h = (1 - u)\mu / \left[\frac{1 - e^{-\rho T}}{\rho} - \frac{e^{-\mu T} - e^{-\rho T}}{\rho - \mu} \right].$$

Тогда из (10) и (11) имеем

$$k(t) = (1 - u) \left[\frac{1 - e^{-\rho(T-t)}}{\rho} - \frac{e^{-\mu(T-t)} - e^{-\rho(T-t)}}{\rho - \mu} \right] / \left[\frac{1 - e^{-\rho T}}{\rho} - \frac{e^{-\mu T} - e^{-\rho T}}{\rho - \mu} \right] + u. \quad (13)$$

Параметр μ в этой формуле – калибровочный. Подбирая его, можно обеспечить согласование формулы (13) с фактическими данными о коэффициентах годности машин разного возраста. Например, используя данные (Андрианов, 2002, с. 130), можно получить, что для фронтальных погрузчиков $\mu = 0.31$, для автогрейдеров и автомобилей, применяемых в строительстве и лесном хозяйстве, $\mu = -0.29$.

Степенная модель. Эта модель строится исходя из технических соображений. Обычно со временем производительность машины и (условно-постоянная) часть эксплуатационных затрат меняются мало, а затраты на техническое обслуживание и ремонт и некоторые другие прогрессивно возрастают. Этот рост можно связать с механическим изнашиванием деталей, динамика которого достаточно хорошо изучена. В частности, как отмечено в (Волков, Николаев, 1979), в зависимости от времени работы механический износ (изменение размеров деталей) подчиняется степенному закону. Поэтому относительные выгоды также должны включать постоянную часть и вычитаемую из нее растущую по степенному закону составляющую. Этому отвечает зависимость вида

$$b(t) = h[1 - (t/T)^\beta] + ru. \quad (14)$$

Аналогичные рассуждения приводят в этом случае к формуле

$$k(t) = (1 - u) \frac{1 - e^{-\rho(T-t)} [1 + G(\rho T, \beta)] + (t/T)^\beta G(\rho t, \beta)}{1 - e^{-\rho T} [1 + G(\rho T, \beta)]} + u. \quad (15)$$

Здесь $G(x, \beta) = \sum_{n=1}^{\infty} x^n / \{(\beta + 1) \dots (\beta + n)\}$ – трансцендентная функция, выражающаяся через неполную гамма-функцию. Как и ранее, калибровочный параметр μ при этом должен подбираться из условия согласования формулы (15) с ценами реальных сделок с подержанными машинами данной марки разного возраста.

Модель степенной капитализации. Для оценки имущества широко применяется метод прямой капитализации. Метод предполагает прямую пропорциональную зависимость между стоимостью имущества и теми доходами (выгодами), которые оно приносило в последнее время (скажем, в последнем году). Однако анализ показывает, что прямой пропорциональной зависимости между стоимостью машины и интенсивностью приносимых ею чистых выгод нет. А именно, как видно из формулы (5), в конце срока службы стоимость машины $K(t)$ меняется мало ($K'(T) = 0$), тогда как интенсивность приносимых ею чистых выгод $B(t)$ уменьшается с некоторой положительной скоростью. Кроме, того, если бы здесь и имела место прямая пропорциональность, то из соотношений $K(T) = U$, $B(T) = \rho U$ следовало бы, что коэффициент пропорциональности должен равняться ρ . Однако для машины в новом состоянии равенство $K(0) = \rho B(0)$ может и не выполняться.

Гораздо лучше фактическим данным отвечает степенная зависимость между $K(t) - U$ и $B(t) - \rho U$ (т.е. между $b(t) - \rho u$ и $k(t) - u$):

$$b(t) - \rho u = \rho h [k(t) - u]^\alpha. \quad (16)$$

Равенства $k(T) = u$, $b(T) = \rho u$ при этом будут выполняться автоматически при любом коэффициенте h . Подставляя (16) в (9), получаем

$$k'(t) = \rho k(t) - \rho h[k(t) - u]^\alpha - \rho u.$$

Чтобы решить это уравнение, введем вспомогательную функцию $f(t) = [k(t) - u]^{1-\alpha}$. Легко проверить, что тогда $f'(t) = \rho(1-\alpha)[f(t) - h]$. Решив это уравнение с граничным условием $f(T) = 0$, после преобразований имеем

$$k(t) = [f(t)]^{1/(1-\alpha)} + u = h^{1/(1-\alpha)} [1 - e^{\rho(1-\alpha)(t-T)}]^{1/(1-\alpha)} + u.$$

Масштабный параметр h , как и раньше, определим из условия $k(0) = 1$: $h = (1-u)^{1-\alpha}/(1 - e^{-\rho(1-\alpha)T})$. Отсюда

$$k(t) = (1-u) [(1 - e^{-\rho(1-\alpha)(T-t)}) / (1 - e^{-\rho(1-\alpha)T})]^{1/(1-\alpha)} + u. \quad (17)$$

Как и ранее, согласование получаемых результатов с рыночными ценами машин разного возраста должно обеспечиваться надлежащим подбором калибровочного параметра α . Например, расчеты показали, что динамика коэффициентов изменения стоимости $k(t)$ фронтальных погрузчиков, приведенная в (Андрианов, 2002, с. 130), хорошо аппроксимируется данной моделью при $\alpha = 0.36$.

4. УЧЕТ РИСКОВ

В условиях видовой инфляции оказывается возможным учесть и два вида рисков, связанных с эксплуатацией машин. Один вид рисков связан с вероятностью таких поломок или отказов машины, после которых ее восстановление оказывается совершенно нецелесообразным или вообще невозможным, – назовем такие ситуации “катастрофами”. Интенсивность таких катастроф можно охарактеризовать вероятностью μ , с которой данная машина попадет в катастрофу в течение года (для упрощения изложения будем считать, что эта вероятность не зависит от возраста машины). Эту вероятность можно оценить на основе имеющейся на дату оценки статистической информации о частоте таких “катастроф”, т.е. о том, какой процент во всем парке машин данной марки составляют машины, выбывшие из эксплуатации в связи с аварией в отчетном году.

Риск “катастрофы” обычно не очень велик. Гораздо чаще возникают ситуации “непредвиденной продажи”, когда необходимость в дальнейшем использовании машины отпадает, например, когда снижается спрос на производимую ею продукцию (работы, услуги) или даже на продукцию предприятия – владельца машины. При этом машину приходится продавать и у продавца возникают дополнительные расходы (см. ниже). Будем считать, что ситуация непредвиденной продажи машины возникает у ее владельцев случайно с некоторой интенсивностью π . Для учета указанных рисков повторим с некоторыми изменениями рассуждения, проведенные в конце разд. 2.

Рассмотрим машину, имеющую возраст t в момент времени $t = 0$ (на дату оценки), и малый отрезок времени длительностью dt . В течение этого отрезка возможны три ситуации:

- 1) произойдет “катастрофа”;
- 2) потребует непредвиденная продажа машины;
- 3) машина будет эксплуатироваться нормально.

Ситуация 1 возможна с вероятностью μdt ; машину придется утилизировать и владелец получит только утилизационную стоимость U .

Ситуация 2 возможна с вероятностью πdt ; владелец может рассчитывать на сумму, равную рыночной стоимости машины, за вычетом затрат на ее демонтаж, транспортировку и монтаж на новом месте. Указанные (транзакционные) затраты, отнесенные к стоимости машины в новом состоянии, обозначим через g .

Ситуация 3 возможна с дополнительной вероятностью $1 - \mu dt - \pi dt$. Владелец машины получит чистые выгоды $B(t)dt$ от ее эксплуатации, а в конце рассматриваемого отрезка времени в его распоряжении будет машина, имеющая возраст $t + dt$ и рыночную стоимость $(1 + idt)K(t + dt)$, где, как и раньше, i – темп роста цен машин данной марки на первичном рынке.

Остается заметить, что в условиях риска рыночная стоимость оцениваемой машины $K(t)$ будет равна *ожидаемому* дисконтированному (по номинальной ставке r_n) доходу от ее использования, поэтому с точностью до малых второго порядка имеем

$$\begin{aligned} K(t) &\approx \mu dt U + \pi dt [K(t+dt) - gK(0)] + \\ &+ [1 - (\mu + \pi)dt] [(1 - r_n dt/2)B(t)dt + (1 - r_n dt)(1 + idt)K(t+dt)] \approx \\ &\approx K(t) + [B(t) + \mu U - \pi gK(0) - (r_n - i - \mu)K(t) + K'(t)]dt. \end{aligned}$$

Такое равенство возможно, только если в последней квадратной скобке будет стоять ноль, т.е. $B(t) + \mu U - \pi gK(0) - (r_n - i + \mu)K(t) + K'(t) = 0$. Отсюда, разделив правую часть на восстановительную стоимость оцениваемой машины $K(0)$ и обозначив $\tilde{r} = r_n - i + \mu$, $\tilde{b}(t) = b(t) + \mu U - \pi g$, легко получить уравнение, сходное с (9):

$$k'(t) = \tilde{r}k(t) - \tilde{b}(t). \quad (18)$$

Однако в отличие от (9) вместо реальной ставки дисконтирования r сюда входит скорректированная на риск специальная ставка \tilde{r} , равная номинальной, уменьшенной на темп роста цен на машины данной марки и увеличенной на интенсивность “катастроф”. Кроме того, в правой части уравнения интенсивность получаемых выгод увеличилась на ожидаемые доходы от утилизации машины в случае “катастрофы” и уменьшилась на ожидаемые потери от непредвиденной продажи машины. Несмотря на указанные отличия, соответствующее условие оптимальности срока службы сохранится, т.е. $k(T) = u$, $\tilde{b}(T) = \tilde{r}u$.

Все это позволяет применять модели, изложенные в предыдущем разделе (с соответствующими изменениями), и в условиях риска. Обратим внимание, что и в этой ситуации нет необходимости в прогнозировании интенсивности “катастроф” или непредвиденных продаж на перспективу.

5. ОЦЕНКА ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ МАШИН. МЕТОД Д.С. ЛЬВОВА

В разд. 3, занимаясь оценкой стоимости подержанных машин, мы исходили из предположения, что машины той же марки в новом состоянии имеются на первичном рынке. Предположим теперь, что машин некоторой марки в новом состоянии на первичном рынке нет. Оказывается, что предложенная модификация метода дисконтирования денежных потоков позволяет и в этой ситуации оценивать стоимость подержанных машин этой марки, однако для этого необходима дополнительная информация как об оцениваемой машине, так и о некотором ее аналоге – машине другой марки, обращающейся на первичном рынке.

Начнем с относительно простой ситуации, когда налоги на имущество и прибыль отсутствуют, а прочие налоги учтены в эксплуатационных затратах. Предположим, что на дату оценки о машинах некоторой марки любого возраста t известны производительность (в натуральном выражении) $Q(t)$ и интенсивность эксплуатационных затрат $Z(t)$. В таком случае интенсивность чистых выгод от использования машины возраста t будет равна $pQ(t) - Z(t)$, где p – стоимость единицы производимой машиной продукции на дату оценки. Отсюда и из (7) получаем

$$K(t) = \int_t^T e^{-\rho(s-t)} [pQ(s) - Z(s)] ds + U e^{-\rho(T-t)}. \quad (19)$$

При известной стоимости p (это отвечает “конечным” машинам) данная формула позволяет сразу же определить стоимость машин данной марки любого возраста.

Более интересен случай, когда стоимость p неизвестна, что отвечает “промежуточным” машинам. Предположим, что в этом случае известна рыночная стоимость $K = K(0)$ машины данной марки в новом состоянии. Тогда равенство (19) для $t = 0$ дает

$$K(0) = K = \int_0^T e^{-\rho s} [pQ(s) - Z(s)] ds + U e^{-\rho T} = pQ^\Sigma - Z^\Sigma + U e^{-\rho T}, \quad (20)$$

где

$$Q^{\Sigma} = \int_0^T e^{-\rho s} Q(s) ds, \quad Z^{\Sigma} = \int_0^T e^{-\rho s} Z(s) ds - \quad (21)$$

величины, которые можно трактовать как интегральные дисконтированные производительность машины и затраты по ее эксплуатации за рациональный срок ее службы. В частном случае, когда производительность машины и затраты по ее эксплуатации не зависят от возраста, будет

$$Q^{\Sigma} = \int_0^T e^{-\rho s} Q ds = Q(1 - e^{-\rho T})/\rho, \quad Z^{\Sigma} = \int_0^T e^{-\rho s} Z ds = Z(1 - e^{-\rho T})/\rho.$$

Из формулы (20) находим

$$p = (K + Z^{\Sigma} - U e^{-\rho T})/Q^{\Sigma}. \quad (22)$$

Отметим, что у “промежуточных” машин производительность обычно измеряется в агрегированных единицах (километрах пробега, часах наработки, штуках обработанных деталей и т.п.). Стоимость единицы такой продукции нельзя установить на рынке. Тогда для оценки стоимости машины в новом состоянии нельзя непосредственно воспользоваться формулой (20). Чтобы восполнить недостающую информацию, используем сравнительный подход к оценке. Для этого рассмотрим машину другой марки того же вида, т.е. машину-аналог, стоимость которой на первичном рынке и все ее технико-экономические показатели нам известны. Аналог производит ту же продукцию и для него справедлива та же формула (22). Выпишем ее, отмечая показатели аналога нижним индексом “a”:

$$p = (K_a + Z_a^{\Sigma} - U_a e^{-\rho T_a})/Q_a^{\Sigma}. \quad (23)$$

Теперь, зная стоимость единицы продукции (p), можно рассчитать интенсивность чистых выгод от эксплуатации оцениваемой машины любого возраста t еще одним способом – по формуле $B(t) = pQ(t) - Z(t)$.

Наконец, подставив (23) в (20), получим искомую формулу, позволяющую оценить стоимость машины, корректируя стоимость ее аналога на различие в технико-экономических показателях (такая трактовка формулы отвечает сравнительному подходу к оценке):

$$K = [K_a + Z_a^{\Sigma} - U_a e^{-\rho T_a}] Q^{\Sigma} / Q_a^{\Sigma} - [Z^{\Sigma} - U e^{-\rho T}]. \quad (24)$$

Если производительность машины и аналога и затраты по их эксплуатации не зависят от возраста (т.е. машина не подвергается физическому износу), формула примет вид

$$K = \left[K_a + Z_a \frac{1 - e^{-\rho T_a}}{\rho} \right] \frac{Q}{Q_a} \left(\frac{1 - e^{-\rho T}}{1 - e^{-\rho T_a}} \right) - Z \frac{1 - e^{-\rho T}}{\rho} = K_a \frac{Q}{Q_a} \left(\frac{1 - e^{-\rho T}}{1 - e^{-\rho T_a}} \right) + \frac{1 - e^{-\rho T}}{\rho} \left[Z_a \frac{Q}{Q_a} - Z \right]. \quad (25)$$

Примерно такое выражение, выведенное иным способом, получено в (Ковалев и др., 2003, с. 148) для оценки стоимости машины *методом равноэффективного функционального аналога*, о происхождении которого авторы ничего не говорят. Между тем история этой формулы заслуживает специального рассмотрения.

В 1930–1940-х годах были опубликованы работы Л.В. Канторовича и А.Л. Лурье, явившиеся исходной базой последующих исследований проблем оптимизации управления народным хозяйством, широким фронтом развернувшихся в СССР в 1960-е годы. Одно из направлений таких исследований было связано с оценкой эффективности новой техники и капитальных вложений. В рамках этих исследований Д.С. Львовым еще в 1969 г. были предложены методы оценки эффективности новой техники (Львов, 1969). В частности, предлагалось определять эффект применения новой машины по формуле, которую в наших обозначениях можно представить в виде:

$$\Xi = K_a \frac{Q}{Q_a} \left(\frac{1 - e^{-\rho T}}{1 - e^{-\rho T_a}} \right) + \frac{1 - e^{-\rho T}}{\rho} \left[Z_a \frac{Q}{Q_a} - Z \right] - K. \quad (26)$$

Впоследствии эта формула (записанная для дискретного изменения времени) стала формулой (4) в официально утвержденной в 1977 г. методике оценки эффективности новой техники (Методика

определения экономической эффективности, 1977). С этих позиций формула (25) отражает тот очевидный для оценщиков факт, что эффект от приобретения машины по рыночной стоимости вместо ее аналога равен нулю. Позднее соответствующая методология была существенно развита в утвержденных в 1988 г. Методических рекомендациях по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса (Методические рекомендации, 1988).

Однако для того чтобы новую технику стали использовать вместо ее аналога, необходимо, чтобы эффект от ее применения был неотрицательным. Поэтому формула (25) отражает верхний предел цены, которая может быть установлена на новую технику. Эта идея была заложена Д.С. Львовым в его предложениях по формированию цен на новую технику в СССР, которые позднее были отражены в официально утвержденной методике определения оптовых цен на новую продукцию (Методика определения оптовых цен, 1988). На этом основании и в память о недавно скончавшемся академике Д.С. Львове представляется уместным называть формулы (25) и (26) формулами Львова, а более общую формулу (24) и ее модификации – обобщенной формулой Львова.

Разумеется, полностью перестроить систему планового ценообразования и приспособить ее к развивающемуся в стране хозрасчету (т.е. рыночным отношениям), изменяя методы установления цен на новую технику, Д.С. Львову и его коллегам не удалось. Однако практическое применение указанных методик позволяло хотя бы незначительно уменьшить ценовые перекосы в народном хозяйстве, обеспечить ценовое стимулирование научно-технического прогресса, учитывая при этом наличие самостоятельных экономических интересов у производителей и потребителей новой продукции.

Отметим, что заложенное Д.С. Львовым направление исследований базировалось на таких исходных принципах, как неравноценность одновременных затрат и результатов, наличие в экономике субъектов с разными целями и интересами, не совпадающими с интересами государства, рационализация поведения этих субъектов в экономике, которая была далека от “идеального рынка”. Но ведь и сегодня российская экономика далека от “идеального рынка”. Она по-прежнему остается “королевством кривых зеркал”, хотя теперь эти зеркала искривлены в других местах и других направлениях. Система цен сегодня искажена не меньше, чем при советской власти, хотя и по иным причинам, а о государственной поддержке научно-технического прогресса предприятия и ученые могут только мечтать. И именно поэтому принципы оптимизации управления экономикой, разработанные в советское время в одном “королевстве кривых зеркал”, сохраняют свою силу и сегодня, в другом таком “королевстве”. “Возрождение” формул 1969 г. нельзя рассматривать иначе как запоздалое признание актуальности работ советской экономико-математической школы по теории эффективности для современной теории оценки. Об этом можно судить и по следующей цитате из статьи (Есин и др., 2003) известных оценщиков машин и оборудования: “Метод основан на положениях теории эффективности техники, исходя из требований равенства эффекта нулю, что является условием равноэффективности”. Представляется, что сущность здесь выражена гораздо точнее, хотя авторство Д.С. Львова тоже не упоминается. К тому же на первое место здесь правомерно поставлено требование равенства эффекта нулю. Оно означает, что стоимость оцениваемого объекта совпадает с верхним пределом его цены, что всегда будет при оценке массового имущества на равновесном конкурентном рынке.

Естественно, что в условиях не слишком высокой экономической грамотности административно-управленческого персонала и отсутствия помашинного учета затрат и результатов в методике 1977 г. не удалось отразить влияние факторов физического износа. При оценке эффективности новой техники это обычно не приводило к серьезным ошибкам, однако при оценке рыночной стоимости эти факторы необходимо учитывать (что не представляет принципиальных сложностей). Изложим один из возможных путей такого учета.

Чтобы учесть физический износ машин в обобщенной формуле Львова (24), нужно знать зависимости производительности и эксплуатационных затрат от возраста. Такие зависимости изучены недостаточно. Это обуславливает необходимость применения упрощенных аналитических моделей износа. Приведем одну из них.

Она базируется на том, что в составе затрат по эксплуатации машины можно выделить часть, пропорциональную объемам производства, и часть, которая от этих объемов не зависит. Пользуясь терминологией, принятой на железнодорожном транспорте, назовем их соответственно *зависящими* и *независящими* затратами. Как правило, к зависящим затратам относятся расходы на оплату труда, сырье, материалы и топливно-энергетические ресурсы, к независимым – расходы по содержанию, ремонту и техническому обслуживанию машины. Обозначим интенсивности зависящих и независимых затрат через V и C соответственно. Если рассмотреть отношение эксплуатационных затрат

к объему производства (удельные эксплуатационные затраты на единицу продукции), то они будут включать постоянную часть (удельные зависящие затраты V/Q) и переменную часть – удельные независящие затраты C/Q , которые с возрастом обычно растут. Обозначим темп снижения производительности машины через λ , а темп изменения независящих затрат – через μ . В этом случае процесс физического износа оцениваемой машины и ее аналога будет описываться следующими соотношениями:

$$Q(t) = Qe^{-\lambda t}, \quad Z(t) = Ve^{-\lambda t} + Ce^{\mu t}, \quad Q_a(t) = Q_a e^{-\lambda_a t}, \quad Z_a(t) = V_a e^{-\lambda_a t} + C_a e^{\mu_a t}. \quad (27)$$

Здесь коэффициенты Q, Q_a, V, V_a, C, C_a следует рассматривать как *начальные* (относящиеся к началу эксплуатации) производительности машины и интенсивности соответствующих затрат. Для определения этих коэффициентов необходимо использовать проектные (паспортные) показатели машины и технические нормы, относящиеся к конкретным условиям ее эксплуатации. Однако такой способ позволяет узнать только *средние за первый межремонтный цикл* величины производительности и эксплуатационных затрат, но не их величины в начале эксплуатации. Поэтому такой способ оценки следует рассматривать как приближенный. В его оправдание можно привести три довода:

1) получающаяся в результате оценка машины зависит не от самих производительностей Q и Q_a , а от их соотношения, которое в начале эксплуатации мало меняется;

2) интенсивности затрат внутри первого межремонтного цикла колеблются достаточно сильно, но средние за первый и последний годы эксплуатации в этом цикле будут не слишком сильно отличаться от средних за весь цикл;

3) чтобы точнее учесть динамику производительности и эксплуатационных затрат внутри цикла, необходимо принять во внимание сезонные факторы и графики проведения различных видов ремонтов и технического обслуживания, что сильно усложняет расчеты.

Теперь, считая величины Q, Q_a, V, V_a, C, C_a известными, выясним, как связаны между собой стоимости оцениваемой машины и аналога. Из соотношений (27) и (21) находим:

$$Q^\Sigma = \int_0^T e^{-\rho s} Q e^{-\lambda s} ds = Q \frac{1 - e^{-(\rho+\lambda)T}}{\rho + \lambda}, \quad Q_a^\Sigma = \int_0^T e^{-\rho s} Q_a e^{-\lambda_a s} ds = Q_a \frac{1 - e^{-(\rho+\lambda_a)T_a}}{\rho + \lambda_a},$$

$$Z^\Sigma = \int_0^T e^{-\rho s} (V e^{-\lambda s} + C e^{\mu s}) ds = V \frac{1 - e^{-(\rho+\lambda)T}}{\rho + \lambda} + C \frac{1 - e^{-(\rho-\mu)T}}{\rho - \mu}, \quad (28)$$

$$Z_a^\Sigma = \int_0^T e^{-\rho s} (V_a e^{-\lambda_a s} + C_a e^{\mu_a s}) ds = V_a \frac{1 - e^{-(\rho+\lambda_a)T_a}}{\rho + \lambda_a} + C_a \frac{1 - e^{-(\rho-\mu_a)T_a}}{\rho - \mu_a}.$$

Отсюда и из общей формулы (25) получаем следующую обобщенную формулу Львова:

$$K = \left[K_a + C_a \frac{1 - e^{-(\rho-\mu_a)T_a}}{\rho - \mu_a} - U_a e^{-rT_a} \right] \left(\frac{Q}{Q_a} \right) \left(\frac{1 - e^{-(\rho+\lambda)T}}{1 - e^{-(\rho+\lambda_a)T_a}} \right) \frac{\rho + \lambda_a}{\rho + \lambda} -$$

$$- \left[C \frac{1 - e^{-(\rho-\mu)T}}{\rho - \mu} - U e^{-rT} \right] + \left(V_a \frac{Q}{Q_a} - V \right) \frac{1 - e^{-(\rho+\lambda)T}}{\rho + \lambda}. \quad (29)$$

Квалифицированные специалисты-эксплуатационники обычно могут оценить рациональный срок службы машины T , темпы снижения производительности машин, тогда как оценка темпов изменения эксплуатационных затрат вызывает затруднения. В таком случае динамика производительности и эксплуатационных затрат для оцениваемой машины и ее аналога должна обеспечивать рациональность сроков их службы, т.е. соблюдение равенства (8). Поэтому

$$rQe^{-\lambda T} - (Ve^{-\lambda T} + Ce^{\mu T}) = rU, \quad pQ_a e^{-\lambda_a T_a} - (V_a e^{-\lambda_a T_a} + C_a e^{\mu_a T_a}) = rU_a,$$

где p – стоимость единицы производимой продукции. Отсюда получаем

$$pQ_a - V_a = (C_a e^{\mu_a T_a} + rU_a) e^{\lambda_a T_a} = [V + (Ce^{\mu T} + rU) e^{\lambda T}] \frac{Q_a}{Q} - V_a.$$

Стоимость единицы производимой продукции p можно найти, подставив в формулу (23) выражения (28):

$$p = \frac{K_a + Z_a^\Sigma - U_a e^{-rT_a}}{Q_a^\Sigma} = \left(K_a + C_a \frac{1 - e^{-(\rho - \mu_a)T_a}}{\rho - \mu_a} - U_a e^{-\rho T_a} \right) \left(Q_a \frac{1 - e^{-(\rho + \lambda_a)T_a}}{\rho + \lambda_a} \right) + \frac{V_a}{Q_a}.$$

При этом

$$pQ_a - V_a = \left(K_a + C_a \frac{1 - e^{-(\rho - \mu_a)T_a}}{\rho - \mu_a} - U_a e^{-\rho T_a} \right) \left(\frac{1 - e^{-(\rho + \lambda_a)T_a}}{\rho + \lambda_a} \right).$$

Тем самым были получены три выражения для одной и той же величины $pQ_a - V_a$. Поэтому должны выполняться следующие два равенства:

$$\begin{aligned} \left(K_a + C_a \frac{1 - e^{-(\rho - \mu_a)T_a}}{\rho - \mu_a} - U_a e^{-\rho T_a} \right) \left(\frac{1 - e^{-(\rho + \lambda_a)T_a}}{\rho + \lambda_a} \right) &= (C_a e^{\mu_a T_a} + \rho U_a) e^{\lambda_a T_a}, \\ (C_a e^{\mu_a T_a} + \rho U_a) e^{\lambda_a T_a} &= [V + (C e^{\mu T} + \rho U) e^{\lambda T}] \frac{Q_a}{Q} - V_a. \end{aligned}$$

Если задаться значениями λ_a и λ , то первое равенство позволяет определить μ_a , после чего μ находится из второго равенства. Теперь восстановительную стоимость оцениваемой машины можно найти из формулы (29). К тому же предложенный метод не требует прогнозирования показателей машин, поскольку в используемые формулы входят только показатели, относящиеся к дате оценки.

Казалось бы, задача решена. Между тем данный метод вызывает два серьезных возражения. Во-первых, для оценки стоимости подержанной машины найденную данным методом восстановительную стоимость надо умножить на коэффициент годности. Однако формула (29) была получена при одних предположениях о динамике производительности и эксплуатационных затрат, тогда как модели для определения коэффициентов годности, изложенные выше, базировались на несколько иных предположениях.

Во-вторых, и это более существенно, данный метод позволил оценить стоимость машины рассматриваемой марки в новом состоянии, *которой в реальности на первичном рынке нет*. Иными словами, этот метод основан на *имитации* рыночных отношений, а не на ситуации на реальном рынке.

Внимательное рассмотрение формул Львова и их обобщений показывает, что они в представленном виде применимы только к ситуации, для которой они первоначально и разрабатывались, т.е. для оценки новой техники. Иными словами, если завтра производитель решит выпускать машины новой марки, эти формулы подскажут ему, по какой максимальной цене такие машины могут быть проданы.

Тем не менее данные формулы легко использовать для оценки стоимости подержанной машины любого возраста t . Для этого обозначим

$$Q_i^\Sigma = \int_t^T e^{-r(s-t)} Q(s) ds, \quad Z_i^\Sigma = \int_t^T e^{-r(s-t)} Z(s) ds$$

и представим равенство (19) в виде $K(t) = pQ_i^\Sigma - Z_i^\Sigma + U e^{-r(T-t)}$. Подставив сюда стоимость единицы продукции p из равенства (23), после преобразований получим искомую формулу для стоимости снятой с производства подержанной машины, уже не опирающуюся на не очень осмысленное в данной ситуации понятие о ее восстановительной стоимости:

$$K(t) = [K_a + Z_a^\Sigma - U_a e^{-rT_a}] (Q_i^\Sigma / Q_a^\Sigma) - Z_i^\Sigma + U e^{-r(T-t)}. \quad (30)$$

Если динамика технико-экономических показателей машин описывается экспоненциальными моделями (27), формула принимает вид

$$\begin{aligned} K &= \left[K_a + C_a \frac{1 - e^{-r(r - \mu_a)T_a}}{r - \mu_a} - U_a e^{-rT_a} \right] \left(\frac{Q e^{-\lambda t}}{Q_a} \right) \left[\frac{1 - e^{-(r + \lambda)(T-t)}}{1 - e^{-(r + \lambda_a)T_a}} \right] \frac{r + \lambda_a}{r + \lambda} - \\ &- \left[C e^{\mu t} \frac{1 - e^{-(r - \mu)(T-t)}}{r - \mu} - U e^{-rT} \right] + \left(V_a \frac{Q e^{-\lambda t}}{Q_a} - V e^{-\lambda t} \right) \frac{1 - e^{-(r + \lambda)(T-t)}}{r + \lambda}. \end{aligned} \quad (31)$$

Ранее в изложении предполагалось, что налоги отсутствуют. Выясним, как изменятся формулы Львова, если в составе затрат учитывать налоги на прибыль и имущество. Основное различие здесь будет в том, что вместо ЕВІТДА придется рассматривать чистый доход (ЕВІТДА за вычетом налогов на прибыль и имущество). Пусть n и m – ставки налога на прибыль и имущество. Тогда, если срок полезного использования для машины равен S лет и применяется линейный метод амортизации, то при $t < S$ интенсивность чистых доходов составит $\{(1 - n)[pQ(t) - Z(t) - mK(1 - t/S)] + nK/S\}$, а при $t > S$ (когда машина полностью амортизирована) он равен $(1 - n)[pQ(t) - Z(t)]$.

Применив теперь формулу (7) для машины в новом состоянии, получим

$$K = \int_0^S e^{-\rho t} \{(1 - n)[pQ(t) - Z(t) - mK(1 - t/S)] + nK/S\} dt + \int_S^T e^{-\rho t} (1 - n)[pQ(t) - Z(t)] dt + (1 - n)Ue^{-\rho T}.$$

Используя прежние обозначения $Q^\Sigma = \int_0^T e^{-\rho s} Q(t) dt$ и $Z^\Sigma = \int_0^T e^{-\rho t} Z(t) dt$ и вычисляя интегралы, представим эту формулу в виде

$$K = (1 - n)(pQ^\Sigma - Z^\Sigma) + \frac{nK(1 - e^{-\rho S})}{\rho S} - (1 - n)mK \frac{e^{-\rho S} + \rho S - 1}{\rho^2 S} + (1 - n)Ue^{-\rho T}.$$

Отсюда вытекает следующее выражение для стоимости машины K :

$$K = \gamma(S) (pQ^\Sigma - Z^\Sigma + Ue^{-\rho T}), \tag{32}$$

где

$$\gamma(S) = (1 - n) \left[1 - \frac{n(1 - e^{-\rho S})}{\rho S} + (1 - n)m \frac{e^{-\rho S} + \rho S - 1}{\rho^2 S} \right].$$

Далее рассуждения проводятся так же, как и при выводе формулы Львова (24). Для машины-аналога формула (32) принимает вид

$$K_a = \gamma(S_a)(pQ_a^\Sigma - Z_a^\Sigma + U_a e^{-\rho T_a}).$$

Отсюда можно найти неизвестную стоимость единицы продукции p :

$$p = \frac{K_a}{\gamma(S_a)Q_a^\Sigma} + \frac{Z_a^\Sigma - U_a e^{-\rho T_a}}{Q_a^\Sigma}.$$

Подставляя это в (32), получим искомую формулу для стоимости оцениваемой машины:

$$K = K_a \frac{\gamma(S)Q^\Sigma}{\gamma(S_a)Q_a^\Sigma} + \gamma(S) \left\{ \frac{Q^\Sigma}{Q_a^\Sigma} [Z_a^\Sigma - U_a e^{-\rho T_a}] - [Z^\Sigma - Ue^{-\rho T}] \right\}. \tag{33}$$

По сравнению с формулой (24) здесь добавились множители, зависящие от ставок налогов и сроков полезного использования машины и ее аналога. Аналогично можно модифицировать и формулу (30).

Многие оценщики убеждены, что оценивать имущество можно с помощью “доналогового” денежного потока от его использования, применяя при этом “доналоговую” ставку дисконтирования, отличающуюся от “посленалоговой” множителем $1 - n$. В рассматриваемой ситуации это означало бы, что формула (33) даст тот же результат, что и формула (24) с соответственно уменьшенной ставкой дисконтирования. Экспериментальные расчеты показывают, что это не так: чтобы обе формулы давали одинаковые результаты, соотношение “доналоговой” и “посленалоговой” ставок должно быть существенно меньше, чем $1 - n$.

Проведенные рассуждения показывают, что многие теоретические положения, разработанные в условиях плановой экономики и ориентированные на оптимизацию поведения хозяйствующих

субъектов, сохраняют свою силу и в условиях рыночной экономики. Предположение о видовом характере инфляции и вытекающем из него эргодическом характере процессов износа машин существенно упрощает применение доходного подхода к оценке машин, позволяет решать различные задачи оценки машин и оборудования и уменьшить “долю субъективизма” в получаемых оценках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андрианов Ю.В.** (2002): Оценка автотранспортных средств. М.: Дело.
- Анистратов К.Ю., Градусов М.С., Стремилев В.Я., Тетерин М.В.** (2006): Исследование закономерностей изменения показателей работы карьерных самосвалов в течение срока их эксплуатации // *Горная промышленность*. № 6 (68).
- Волков Д.П., Николаев С.Н.** (1979): Надежность строительных машин и оборудования. М.: Высшая школа.
- Грибовский С.В., Иванова Е.Н., Львов Д.С., Медведева О.Е.** (2003): Оценка стоимости недвижимости. М.: Интерреклама.
- Есин М., Кислый М., Ковалев А.** (2003): Наглядное представление методов оценки машин и оборудования // *Оборудование*. № 6 (78). Июнь.
- Европейские стандарты оценки (2003): Европейские стандарты оценки. М.: Российское общество оценщиков.
- Ковалев А.П., Кушель А.А., Хомяков В.С.** и др. (2003): Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств. М.: Интерреклама.
- Колегаев Р.Н.** (1980): Экономическая оценка качества и оптимизация системы ремонта машин. М.: Машиностроение.
- Лившиц В.Н.** (1971): Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах. М.: Экономика.
- Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (1972): Экономико-математические модели локальной оптимизации: Труды Четвертой зимней школы-симпозиума по математическому программированию и смежным вопросам. Вып. IV. М.: ЦЭМИ АН СССР.
- Львов Д.С.** (1969): Экономические проблемы повышения качества промышленной продукции. М.: Наука.
- Международные стандарты оценки (2005): Международные стандарты оценки. М.: Российское общество оценщиков.
- Методика определения оптовых цен (1988): Методика определения оптовых цен на новую машиностроительную продукцию производственно-технического назначения (временная). М.: Прейскурантиздат.
- Методика определения экономической эффективности (1977): Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: Экономика.
- Методические рекомендации (1988): Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса. М.: ГКНТ СССР.
- Смоляк С.А., Зубцов В.В., Филимонов В.В.** (1976): Направления эффективного развития машинного парка строительных организаций. М.: Стройиздат.
- Смоляк С.А.** (2006): Дисконтирование денежных потоков в задачах оценки эффективности инвестиционных проектов и стоимости имущества. М.: Наука.
- Смоляк С.А.** (2008): Проблемы и парадоксы оценки машин и оборудования: сюита для оценщиков машин и оборудования. М.: РИО МАОК.
- Чудаков К.П., Темиров Ю.С.** (1965): Экономическое обоснование оптимальных сроков службы строительных машин // *Механизация строительства*. № 6.
- Kellog F.H.** (1954): *Construction Methods and Machinery*. N.Y.: Prentice-Hall, Inc.

Поступила в редакцию
23.09.2008 г.

Ergodic Models of Depreciation of Machinery and Equipment

S. A. Smoliak

The author used the discounted flow method for valuation of depreciation of machinery and equipment. The proposed modification of this method does not require forecasting of the technical and economic features of machinery for the future period of its work. It produces the formulas for forecasting depreciation being exactly enough correlated to the market prices of equipment of different ages. The proposed method allows to generalize the known Lvov's formula and use it for valuation of new and used equipment by correcting the value of its analogs.