

А.П. Ковалев, зав. кафедрой производственного менеджмента МГТУ “Станкин”,  
действительный член РОО;  
Е.В. Курова, старший преподаватель МГТУ “Станкин”,  
г. Москва

# Массовая оценка оборудования: методика и модели

## Часть первая

В практике оценки все чаще возникает необходимость определить рыночную стоимость больших массивов машин и оборудования на предприятиях. Такую массовую оценку нужно провести в сжатые сроки при обеспечении достаточной достоверности и точности.

Как показывает опыт, наиболее эффективной является массовая оценка, проводимая с помощью математических моделей, разрабатываемых методом корреляционно-регрессионного анализа. При этом по сравнению с обычным способом “поштучной” аналоговой оценки расчет стоимости с помощью математической модели значительно ускоряется — ведь одна математическая модель может быть применена к большой группе однородных машин, а, кроме того, оценка легко автоматизируется благодаря применению компьютерных технологий.

Разработка математической модели начинается с отбора небольшого количества ценообразующих факторов. Технические характеристики машин содержат десятки разнообразных параметров. Из них нужно выбрать именно та-

кие, которые обладают непосредственной ценностью для потребителя. Только отбор параметров с позиций полезностного подхода позволяет получить математическую модель рыночной стоимости, действительно отражающей полезность или ценность объекта для потребителя.

Конечно, стоимость зависит также и от производственно-технологических факторов, и в модель могут быть заложены параметры этих факторов. Но тогда модель будет работать как модель затратного вида. Например, масса конструкции — типичный параметр, отражающий производственно-технологический фактор. Чем тяжелее машина, тем она дороже, если посмотреть с позиций ее изготовления. Но в то же время потребитель обычно никак не заинтересован в утяжелении машины. Рост массы конструкции при прочих неизменных условиях не повышает потребительскую ценность машины. Подчеркнем еще раз, что для получения математической модели, дающей в результате стоимость замещения, а не стоимость воспроизводства, нужно при отборе параметров руководствоваться принципом полезности для потребителя.

Первичным критерием отбора ценообразующих параметров служит триада факторов: “назначение — качество — производительность”. Причем один параметр может одновременно характеризовать объект с нескольких позиций, т.е. брать на себя функцию не одного, а нескольких указанных факторов. Например, у прессов номинальное усилие свидетельствует как об области применения, так и в какой-то степени и об их производительности.

Отбираемые для построения математической модели параметры могут быть разделены на три уровня.

К первому уровню относятся те параметры, которые характеризуют фактор “назначение”. Например, у технологических обрабатывающих станков к параметрам первого уровня относятся размеры изготавливаемой или обрабатываемой заготовки, у гильотинных ножниц это толщина и ширина разрезаемого листа, у нагревательной печи — размеры рабочей камеры и т.д. Качественный состав параметров назначения часто служит ограничителем объема множества однородных объектов.

Второму уровню соответствуют параметры, характеризующие факторы “производительность” и “качество”. В отношении этих факторов у разных видов машин и оборудования различная степень предпочтения. Например, для технологических машин на заключительных операциях обработки первое место принадлежит фактору “точность” или “качество”, а для технологических машин на начальных операциях превалирующую роль играет фактор “производительность”. Отбор факторов второго уровня должен учитывать состав образуемой группировки объектов. Так, если в группировку попадают объекты примерно с одинаковым уровнем качества функционирования, то нет необходимости отбирать для модели параметры этого фактора.

Третий уровень образуют параметры, которые характеризуют фактор “конструктивные особенности и наличие дооснащения”. Аналогичные, включаемые в группу, могут быть объединены в отдельные подгруппы по таким признакам, как наличие средств автоматизации, дополнительных устройств, применение особого схемного решения и т.д. Эти параметры должны быть также включены в математическую модель. Кстати, учет параметров третьего уровня расширяет сферу применения математической модели, позволяет применять ее к группировкам объектов большой размерности.

Следует подчеркнуть, что создаваемая для целей массовой оценки модель должна распространяться на возможно большую по числен-

ности группировку аналогичных объектов. Поэтому отбор влияющих параметров-факторов и формирование группировки объектов должны выполняться параллельно.

Созданию небольшого числа широкоуниверсальных моделей, применимых к большим группировкам объектов (что, кстати, хотелось бы получить) препятствуют два ограничения: во-первых, функциональная, а следовательно, и полезностная неоднородность объектов и, во-вторых, наличие оригинальных объектов в виде специальных машин и машин-гибридов, которые затруднительно отнести к какой-либо известной группе.

Сколько параметров следует отобрать? Всегда есть стремление учесть как можно больше факторов. Однако для построения модели с большим числом факторов требуется большая исходная выборка, что реально трудно получить. Еще нужно иметь в виду, что многие параметры машин одного вида взаимосвязаны, поэтому, задав один параметр, можно быть уверенным, что при этом заданы и еще несколько параметров. Кроме того, модель со многими параметрами становится громоздкой и при ее использовании приходится привлекать дополнительные данные об оцениваемом объекте, что отнимает время. Как показывает опыт, для отражения полезных ценообразующих свойств машин в модели достаточно примерно четырех параметров и еще нужно примерно два параметра для учета фактора износа.

Анализ опыта массовой оценки показал, что для целей этого вида оценки наиболее подходят гибридные математические модели мультипликативной формы. Структура такой гибридной математической модели включает две части: базисную и надстроечную. Базисная часть представляет собой корреляционно-регрессионную модель факторов полезности, с помощью которой рассчитывают полную стоимость замещения (восстановительная стоимость). Надстроечная часть включает комбинированную модель для расчета коэффициента, учитывающего фактор физического износа.

В отличие от аддитивной формы мультипликативная форма гибридной модели предпочтительна тем, что она лучше отражает интегрированное влияние всех факторов на конечный результат, позволяет использовать более универсальные, нелинейные зависимости и легче поддается корректировке на предмет актуализации.

Построение корреляционно-регрессионной модели ценообразующих факторов полезности лучше всего выполнить на основе степенной функции. Преимущество степенной функции заключается в том, что она дает описание не-

линейной связи (в широком диапазоне связь между стоимостью и факторами именно нелинейная), весьма наглядна, логически объяснима и легко приводится к линейной форме методом логарифмирования (что открывает возможность применения регрессионного анализа).

Однако модель степенной функции в чистом виде обладает тем недостатком, что она применима для случая, когда влияющие параметры представляют собой непрерывные переменные. В то же время у машин и оборудования имеются такие параметры и характеристики, которые являются дискретными. Чтобы учесть влияние и этих параметров, применяют гибридную модель следующего вида:

$$y = a_0 \times x_1^{a_1} \times x_2^{a_2} \times \dots \times x_n^{a_n} \times b_{n+1}^{x_{n+1}} \times b_{n+2}^{x_{n+2}} \times \dots \times b_{n+k}^{x_{n+k}},$$

где  $y$  — искомое значение полной стоимости замещения;

$x_1, x_2, \dots, x_n$  — влияющие на стоимость технические параметры;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  — параметры математической модели;

$b_{n+1}, b_{n+2}, \dots, b_{n+k}$  — значения дискретных параметров-коэффициентов;

$x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+k}$  — бинарные переменные (0 или 1);

$k$  — число дискретных параметров-коэффициентов.

Методика разработки корреляционно-регрессионных моделей общеизвестна, поэтому не будем на ней останавливаться. Особого внимания заслуживает процедура преобразования качественных характеристик в цифровые значения коэффициентов. При этом дискретные качественные характеристики разбивают на категории и для каждой категории определяют ее “цену” в виде корректирующих коэффициентов.

В ходе исследования нами использован метод, позволяющий оптимизировать значения корректирующих коэффициентов, характеризующих силу воздействия разных категорий качественных характеристик на оцениваемую стоимость. Метод реализуется в рамках корреляционно-регрессионного моделирования.

Покажем применение данного метода на примере. Задача заключается в том, чтобы разработать корреляционно-регрессионную модель для расчета полной стоимости замещения круглошлифовальных станков. Роль фактора “назначение” была “поручена” двум размерным параметрам: наибольшему диаметру и наибольшей длине обрабатываемой детали. Фактор “производительность” характеризуется параметром мощности электродвигателей.

Фактор “качество” проявляется в параметре класса точности станка. Три первых параметра являются непрерывными величинами и измеряются натуральными единицами. Последний, четвертый параметр является качественной дискретной характеристикой. Как известно, различают 5 классов точности металлорежущих станков (по ГОСТ 8–82): нормальной Н, повышенной П, высокой В, особо высокой А и сверхвысокой С точности.

Если цене станка класса Н поставить в соответствие коэффициент 1, то при прочих равных параметрах цены станков более высоких классов точности получают следующие коэффициенты (индексы):

Класс точности станка	Н	П	В	А	С
Коэффициент точности	1	1,13	1,4	2,0	4,0

Приведенные выше коэффициенты точности взяты из прейскуранта 18–01 “Оптовые цены на станки металлорежущие” (М.: Прейскурантиздат, 1989). Естественно, значения этих коэффициентов нуждаются в уточнении с учетом современного состояния рынка оборудования. Однако они могут быть использованы как приближенные оценки на начальном этапе корреляционно-регрессионного анализа.

В декабре 2002 г. на рынке Москвы и Санкт-Петербурга ведущими станкостроительными компаниями продавались 11 моделей круглошлифовальных станков. Собранные данные о ценах (включая НДС) и основных технических параметрах приведены в табл. 1.

Чтобы учесть в создаваемой математической модели влияние фактора точности, реальные цены станков были заменены на приведенные цены. Приведенная цена — это условная цена, которую может иметь данный станок, если бы он соответствовал классу точности Н:

$$Ц_{пр} = Ц / K_{точ},$$

где

$Ц_{пр}$ ,  $Ц$  — приведенная и реальная цена станка соответственно;

$K_{точ}$  — коэффициент точности, соответствующий классу точности станка.

Статистической обработкой получили корреляционно-регрессионную модель, отражающую зависимость приведенной цены от влияющих параметров  $x_1, x_2, x_3$ :  $y_{пр} = f(x_1, x_2, x_3)$ . Гибридная модель зависимости реальной цены (стоимости) от всех рассматриваемых факторов, включая и фактор точности, будет иметь вид  $y = K_{точ} \cdot f(x_1, x_2, x_3)$ .

Расчет корреляционно-регрессионной модели выполнен средствами Microsoft Excel. Для этого была использована функция ЛИНЕЙН.

Таблица 1. Исходные данные о ценах и технических параметрах круглошлифовальных станков

Модель	Наибольший диаметр детали, мм	Наибольшая длина детали, мм	Мощность электродвигателей, кВт	Цена, тыс. руб.	Класс точности	Приведенная цена, тыс. руб.
ЗС120В	125	400	5,18	1045	В	746,428
ЗС132В	250	1000	6,74	1280	В	914,286
ЗУ131ВМ	280	750	7,5	1300	В	928,571
ЗУ131ВМ	280	710	7,5	1185	В	846,428
ЗУ131ВМ	280	630	7,5	1165	В	832,143
3411	360	820	7,5	1066	П	943,363
Ш-3М	200	400	10	1682	С	420,500
ВШ-152РВ	250	1000	11	1240	В	885,714
ЗД4230	580	1600	15	1300	П	1150,442
ЗД4230	580	1600	15	1190	П	1053,097
ЛТ235	780	2400	20	3312	П	2930,973

Так как функция ЛИНЕЙН исчисляет параметры многофакторной линейной корреляционной модели, то исходную степенную функцию преобразуем в линейную форму, применяя прием логарифмирования.

Одновременно с построением корреляционно-регрессионной модели решается задача оптимизации значений коэффициентов точности  $K_{\text{точ}}$ . Оптимизация выполняется по критерию минимума общего среднего квадратического отклонения для результатного показателя  $y$ , т.е.  $\sigma_y \rightarrow \min$ .

Для проведения оптимизации коэффициентов точности была использована функция “Поиск решения” в системе Microsoft Excel. Порядок работы с данной функцией следующий. В окно “Поиск решения” вводились значения в такой последовательности. Указатель “целевая ячейка” заполняют номером ячейки, где содержится  $s_y$  в матрице “ЛИНЕЙН”. Далее указывают условие минимизации этого критериального показателя. В указателе “изменяя ячейки” указывают номера ячеек, в которых находятся коэффициенты точности. В указателе “ограничения” вводят условие, согласно которому коэффициент точности равен 1 при классе точности станка Н.

После нажатия клавиши “выполнить” получили следующее оптимальное распределение коэффициентов точности у круглошлифовальных станков:

Класс точности станка	Н	П	В	А	С
Коэффициент точности	1	1,05	1,8	2,5	3,4

Итоговая корреляционно-регрессионная модель для расчета полной стоимости замещения у круглошлифовальных станков имеет вид

$$y = 4,1578x_1^{0,425} \times x_2^{0,413} \times x_3^{0,035} \times K_{\text{точ}}$$

где

$y$  — цена (полная стоимость замещения) станка, тыс. руб.;

$x_1, x_2$  — наибольший диаметр и наибольшая длина обрабатываемой детали соответственно, мм;

$x_3$  — мощность электродвигателей, кВт;

$K_{\text{точ}}$  — коэффициент класса точности станка: при Н — 1; при П — 1,05; при В — 1,8; при А — 2,5; при С — 3,4.

С целью создания комплекса математических факторно-стоимостных моделей мы проанализировали рынок технологического металлообрабатывающего оборудования в Москве по состоянию на декабрь 2002 г. Источником информации служили прайс-листы ведущих дилерских компаний “Дюкон”, “АСВ”, “ДВТ”, “СТ Маркет” и “Ками”.

В предлагаемой к продаже номенклатуре машин и оборудования были выделены 11 группировок, число моделей в которых не менее 10. Эти группировки использовались для построения факторно-стоимостных моделей. Остальные модели станков и машин встречаются либо единично, либо в весьма малых группах (не более 4). Поэтому недостаточная насыщенность российского рынка оборудованием не позволяет пока полностью охватить его математическим моделированием. Тем не менее, разработанные нами математические модели для 11 групп металлообрабатывающего оборудования охватывают почти 80% исследованного сегмента рынка в Москве (табл. 2).

Разработанные факторно-стоимостные математические модели позволяют оценивать полную стоимость замещения (восстановительную стоимость), так как исходной базой для их построения являлись цены предложения на новые машины, станки и прессы. Чтобы при массовой оценке можно было делать оценку остаточной

стоимости замещения, необходимо дополнить указанные математические модели еще одним блоком, в котором моделируется влияние на стоимость фактора физического износа. О том, как можно учесть фактор износа при моделировании, мы расскажем во второй части статьи.

Таблица 2. Факторно-стоимостные математические модели для оценки полной стоимости замещения у металлообрабатывающего оборудования

Группа оборудования	Код ОКФС	Математическая модель полной стоимости замещения (включая НДС)	Коэффициент множественной детерминации	Объем выборки
Токарные универсальные станки	14 2922105	$y = 0,4143x_1^{0,229} \times x_2^{0,741} \times x_3^{0,303} \times K_{\text{точ}}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.;  <math>x_1</math> — наибольшая длина обрабатываемой детали, мм;  <math>x_2</math> — наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм;  <math>x_3</math> — мощность электродвигателя, кВт;  <math>K_{\text{точ}}</math> — коэффициент класса точности станка: Н — 1;  П — 1,1; В — 2,2; А — 4; С — 5 </p>	0,954	79
Фрезерные станки	14 2922150	$y = 28,8866x_1^{0,2149} \times x_2^{0,82} \times K_{\text{в}}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.;  <math>x_1</math> — ширина рабочего стола, мм  <math>x_2</math> — мощность электродвигателей, кВт  <math>K_{\text{в}}</math> — коэффициент вида станка: вертикально-фрезерный — 1; горизонтально-фрезерный — 1,1; универсальный — 1,4 </p>	0,859	53
Сверлильные станки	14 2922111	$y = 2,3334x_1^{0,624} \times x_2^{0,22} \times x_3^{0,493} \times K_{\text{в}}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.;  <math>x_1</math> — наибольший диаметр сверления, мм;  <math>x_2</math> — вылет шпинделя, мм;  <math>x_3</math> — мощность электродвигателей, кВт;  <math>K_{\text{в}}</math> — коэффициент вида станка: настольный — 0,7; вертикальный — 1; радиальный — 1,07; сверлильно-фрезерный — 1,6 </p>	0,969	34
Плоскошлифовальные станки	14 2922123	$y = 1,6998x_1^{0,486} \times x_2^{0,381} \times x_3^{0,134} \times K_{\text{точ}}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.;  <math>x_1</math> — ширина обрабатываемой поверхности детали, мм;  <math>x_2</math> — длина обрабатываемой поверхности детали, мм;  <math>x_3</math> — мощность электродвигателей, кВт;  <math>K_{\text{точ}}</math> — коэффициент класса точности станка: Н — 1;  П — 1,1; В — 1,3; А — 1,7; С — 3 </p>	0,89	9
Точильно-шлифовальные и обдирочно-шлифовальные станки	14 2922129	$y = 0,2503x_1^{0,7} \times x_2^{0,375}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.;  <math>x_1</math> — наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм;  <math>x_2</math> — мощность электродвигателей, кВт </p>	0,883	8
Круглошлифовальные станки	14 2922121	$y = 4,1578x_1^{0,425} \times x_2^{0,413} \times x_3^{0,035} \times K_{\text{точ}}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.;  <math>x_1</math> — наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм;  <math>x_2</math> — наибольшая длина обрабатываемой детали, мм;  <math>x_3</math> — мощность электродвигателей, кВт;  <math>K_{\text{точ}}</math> — коэффициент класса точности станка: Н — 1;  П — 1,05; В — 1,8; А — 2,5; С — 3,4 </p>	0,8	11
Отрезные станки	14 2922165	$y = 1,8784x_1^{0,419} \times x_2^{0,724} \times K_{\text{в}}$ <p> <math>y</math> — стоимость станка, тыс. руб.  <math>x_1</math> — наибольший диаметр заготовки, мм  <math>x_2</math> — мощность электродвигателей, кВт  <math>K_{\text{в}}</math> — коэффициент вида станка: абразивный — 1; ножовочный — 2; ножовочный автомат — 3; круглопильный полуавтомат — 4; круглопильный автомат — 5 </p>	0,847	9

# Массовая оценка оборудования: методика и модели

## Часть вторая

В первой части нашей статьи (см. “Вопросы оценки”, 2003, №1) рассказывалось о том, как построить факторно-стоимостную модель для расчета полной стоимости замещения (цены машины “как новая”). Однако такая модель — лишь часть общей гибридной математической модели для массовой оценки машин и оборудования. Ведь чаще всего оценке подлежат поношенные машины. Поэтому другая часть гибридной математической модели — это модель, учитывающая влияние физического износа на рыночную стоимость.

Гибридную математическую модель для оценки рыночной стоимости машин, имеющих износ, можно представить следующим образом:

$$S_{\text{ос}} = S_{\text{п.з}} \times (1 - K_{\text{из}}),$$

где

$S_{\text{п.з}}$  — полная стоимость замещения, определяемая с помощью факторно-стоимостной модели;

$K_{\text{из}}$  — коэффициент физического износа оцениваемой машины.

О том, как рассчитывается  $S_{\text{п.з}}$ , было рассказано в первой части статьи. Ниже речь идет о том, как можно смоделировать второй множитель, в котором присутствует коэффициент физического износа.

Динамика физического износа машин и оборудования во времени зависит от таких факторов, как надежность и техническое совершенство конструкции, интенсивность режима

работы, агрессивность внешней среды, качество технического обслуживания, качество и своевременность ремонтных работ.

При нормальной эксплуатации на протяжении срока полезного использования происходит постепенное нарастание физического износа. Практически все виды машин и оборудования подвергаются периодическим капитальным и текущим ремонтам. Текущие ремонты предназначены для поддержания работоспособного состояния объекта и практически не влияют на его стоимость. Капитальные ремонты значительно влияют на стоимость, снижая коэффициент физического износа.

Под влиянием периодически проводимых плановых капитальных ремонтов кривая коэффициента физического износа приобретает пилообразный вид. В канун очередного капитального ремонта физический износ машины достигает высокого уровня, а сразу после капитального ремонта уровень износа резко снижается.

Пилообразная кривая динамики коэффициента физического износа машины, которая за время своей эксплуатации подверглась трем капитальным ремонтам, показана на рисунке.

В моменты времени  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  были проведены первый, второй и третий капитальные ремонты соответственно. Отрезки времени  $T_{\text{пр1}}$ ,  $T_{\text{пр2}}$  и  $T_{\text{пр3}}$  соответствуют продолжительности первого, второго и третьего ремонтных циклов. Точки 1, 3 и 5 характеризуют состояния объекта при предельном значении износа, когда дальнейшая эксплуатация неэффективна или

небезопасна, и объект должен быть выведен в капитальный ремонт. Точки 2, 4 и 6 соответствуют неустранимому износу, получаемому по окончании первого, второго и третьего капитальных ремонтов соответственно. Это нужно понимать так: как бы тщательно и полно ни проводился ремонт, он не может полностью устранить износ. Причем неустранимый износ увеличивается с каждым последующим капитальным ремонтом.

Таким образом, в пределах каждого ремонтного цикла коэффициент физического износа лежит в интервале от коэффициента неустраняемого износа, обеспечиваемого последним капитальным ремонтом, до коэффициента предельного износа в конце этого цикла.

Исходя из данных соображений, можно записать выражение для коэффициента физического износа:

$$K_{из} = K_{н.Н} + d \times (K_{пр} - K_{н.Н}),$$

где

$K_{н.Н}$  — коэффициент неустраняемого износа для последнего ремонта под номером  $N$ ;

$K_{пр}$  — коэффициент предельного износа;

$d$  — долевой коэффициент, изменяющийся в интервале от 0 до 1.

Положим, что в интервале от  $K_{н.Н}$  до  $K_{пр}$  долевой коэффициент  $d$  имеет линейную обратно пропорциональную связь с балльной оценкой физического состояния машины, соответствующей 50-балльной шкале. Очень хорошее состояние отвечает условию  $d = 0$  и оценке в 45–50 баллов, а плохое (т.е. предельное) состояние характеризуется  $d = 1$  и оценкой от 5 до 14 баллов. Тогда приведенное выше выражение для коэффициента физического износа принимает вид

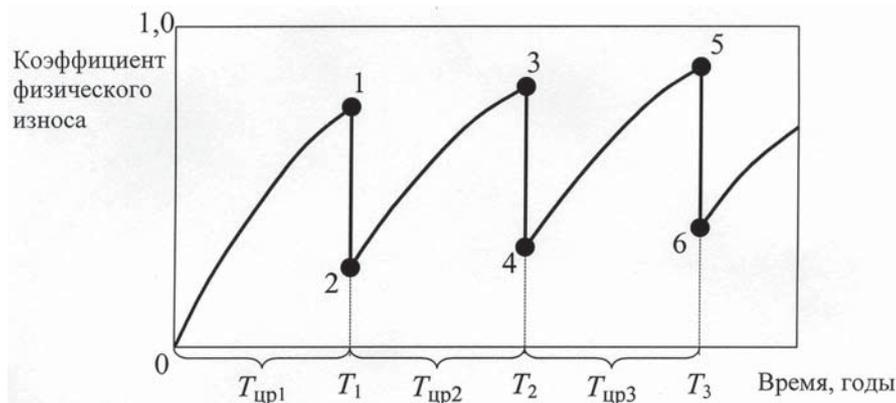
$$K_{из} = K_{н.Н} + (1,25 - 0,025B) \times (K_{пр} - K_{н.Н}),$$

где  $B$  — балльная оценка физического состояния машины, назначается экспертами по приведенной ниже таблице.

Таким образом, в любом ремонтном цикле можно выделить два крайних состояния машины: 1) очень хорошее состояние (от 45 до 50 баллов), физический износ соответствует неустраняемому износу; 2) плохое состояние (от 5 до 14 баллов), физический износ соответствует предельному износу.

На основе информации рынка подержанных технологических машин попробуем оценить коэффициенты неустраняемого и предельного износа.

Анализ ценовой информации показывает, что все подержанные машины, даже если они



Динамика коэффициента физического износа машины

Шкала для назначения балльной оценки физического состояния оцениваемой машины

Оценка состояния	Характеристика физического состояния	Количество баллов
Очень хорошее	Оборудование в очень хорошем состоянии, вскоре после начала эксплуатации вновь или после капитального ремонта	От 45 до 50
Хорошее	Слабо изношенное, еще не ремонтировавшееся или отремонтированное (обновленное) оборудование в хорошем состоянии	От 35 до 44
Среднее	Оборудование в удовлетворительном состоянии, требующее небольшого текущего ремонта или замены отдельных неответственных частей	От 25 до 34
Посредственное	Оборудование в работоспособном состоянии, но нуждающееся в текущем ремонте или замене отдельных главных частей	От 15 до 24
Плохое	Оборудование в плохом состоянии, требующее капитального ремонта	От 5 до 14

не подвергались капитальному ремонту, содержат неустранимый износ. О наличии такого износа говорит тот факт, что продаваемая на вторичном рынке почти новая, практически не эксплуатировавшаяся машина имеет цену ниже цены действительно новой, недавно изготовленной машины одной и той же модели.

Был проведен анализ цен на подержанное оборудование, не подвергавшееся капитальному ремонту, состояние которого характеризуется как очень хорошее: это оборудование, по сведениям продавца, практически не эксплуатировалось и прошло только предпродажную подготовку. Была сформирована выборка металлообрабатывающих машин и станков, для которых в прайс-листе указано “н/у” (это означает, что машина не эксплуатировалась с момента ее выпуска).

Коэффициент физического износа для машин в данной выборке рассчитывался как отношение разности между ценой действительно новой точно такой же машины и ценой, указанной в прайс-листе для подержанных машин, к цене новой машины. Оказалось, что коэффициент износа данной группы машин находится в диапазоне от 20 до 40%. Таким образом, коэффициент неустранимого износа  $K_{н.0}$  для машин, ни разу не подвергшихся капитальному ремонту, равен в среднем 30%.

Большинство подержанных машин, продаваемых на российском рынке, — это машины, прошедшие первый капитальный ремонт. Чтобы выяснить значение неустранимого износа для данного вида машин, были сформированы четыре выборки по группам: станки токарно-винторезные, станки сверлильные, станки фрезерные и ножницы листовые с наклонным ножом. Данные о ценах на это оборудование относятся к концу декабря 2002 г. — началу января 2003 г.

Ранее для указанных выше групп машин были разработаны факторно-стоимостные модели, позволяющие рассчитать их полную стоимость замещения (восстановительную стоимость). С помощью этих математических моделей для подержанных машин, попавших в выборку, были рассчитаны вероятные цены, соответствующие условию состояния машин “как новые”. Данный путь определения цен в состоянии “как новые” оказывается единственным возможным, так многие модели выбранных машин уже не выпускаются в настоящее время.

Коэффициент неустранимого физического износа для каждой машины в выборке опреде-

лялся как отношение разности между ценой “как новая” и ценой после капитального ремонта к цене “как новая”. Оказалось, что коэффициент неустранимого физического износа для оборудования после первого капитального ремонта составляет в среднем 45%.

Можно полагать, что коэффициент неустранимого физического износа зависит во многом от того, каким по счету был последний капитальный ремонт у данной машины.

Для тех машин, у которых номер последнего капитального ремонта не указан, с некоторым приближением его можно оценить, взяв целую часть из отношения хронологического возраста машины к ее ремонтному циклу, выраженному в календарных годах:

$$N = \left[ \frac{T_{xp}}{T_{cp}} \right],$$

где

$T_{xp}$  — хронологический возраст машины в годах;  
 $T_{cp}$  — ремонтный цикл в календарных годах.

Квадратные скобки обозначают, что берет-ся целое число из дроби.

Порядок расчета ремонтного цикла для разных групп технологического оборудования приведен в методическом материале по системе ППР<sup>1</sup>. Расчеты показывают, например, что для кузнечно-прессовых машин ремонтный цикл при нормальных условиях эксплуатации и двухсменном режиме работы составляет в среднем 8 лет.

Обработка данных методом корреляционно-регрессионного анализа позволила получить следующее уравнение регрессии для зависимости коэффициента неустранимого физического износа от номера последнего капитального ремонта:

$$K_{н.N} = 0,15N + 0,3,$$

где  $N$  — номер последнего капитального ремонта.

Из полученного уравнения следует, что средние значения неустранимого физического износа у рассматриваемого вида оборудования составляют:

до первого капитального ремонта — 30%;  
после первого капитального ремонта — 45%;  
после второго капитального ремонта — 60%.

Неустранимый износ после второго капитального ремонта довольно значителен (60%), поэтому осуществление третьего капитального ремонта является уже неоправданным.

Чтобы оценить предельный износ, при достижении которого возникает потребность в капитальном ремонте, был использован метод

<sup>1</sup> Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования. М.: Машиностроение, 1988. 672 с.

нормативной стоимости капитального ремонта, согласно которому стоимость машины до капитального ремонта равна его стоимости после капитального ремонта за вычетом нормативной стоимости самого капитального ремонта.

Расчет проводился по указанной выше выборке машин четырех групп, продаваемых после первого капитального ремонта. Нормативная стоимость ремонта была взята из прайс-листа на ремонт оборудования ТД “Ремстанок”, г. Тула. Рассчитанные цены машин до капитального ремонта сопоставлялись с ценами “как новая”, исчисленными с помощью факторно-стоимостных моделей, и таким образом удалось рассчитать коэффициент предельного физического износа. Расчеты показали, что данный коэффициент равен в среднем 80%.

Подставив полученные выражения для коэффициентов неустранимого и предельного износа в ранее выведенную формулу, получим математическую модель для оценки физического износа в окончательном виде:

$$K_{из} = 0,15N + 0,3 + (1,25 - 0,025B) \times (0,5 - 0,15N).$$

Как видно, исходными данными для учета фактора физического износа в предлагаемой модели служат два показателя: балльная оценка физического состояния по шкале (см. таблицу) и порядковый номер последнего капитального ремонта, которому подверглась оцениваемая машина. Если машина не подвергалась капитальному ремонту, то принимают  $N = 0$ .

Окончательная модель для расчета рыночной стоимости с учетом износа, т.е. остаточной,

агрегируется из факторно-стоимостной модели для полной стоимости замещения и модели для коэффициента физического износа:

$$S_{ос} = S_{п.з} \times [1 - 0,15N - 0,3 - (1,25 - 0,025B) \times (0,5 - 0,15N)].$$

На основе средств Microsoft Excel нами разработана программа, позволяющая проводить обработку (фильтрацию, сортировку) списков оборудования, подлежащего оценке, а также формировать групповые списки с автоматическим расчетом рыночной стоимости в каждом групповом списке.

Компьютерная массовая оценка оборудования эффективна благодаря значительной экономии времени на выполнение оценочных работ при сохранении приемлемого уровня точности результатов. По нашим оценкам, если имеющийся набор математических моделей “накрывает” 70% списка оборудования, представленного к оценке, то снижение трудоемкости оценочных работ от применения технологии массовой оценки составит не менее 40%.

Естественно, возможности использования технологии массовой оценки будут расширяться по мере увеличения состава факторно-стоимостных математических моделей.

В перспективе информационная база для оценки машин и оборудования должна состоять не только из баз данных, содержащих сведения об отдельных моделях машин, но и из баз данных, содержащих факторно-стоимостные математические модели для отдельных классификационных групп машин и оборудования.