Глава 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА ПРИ ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1. Задача определения износа при оценке стоимости машин, оборудования и транспортных средств. Экономическое содержание износа. Виды износа

Обычно каждая машина характеризуется рядом выходных параметров (потребительских свойств), причем допустимое значение каждого из них оговаривается в нормативных документах на машину. Например, для технологического оборудования это, прежде всего, точность и производительность. Пока значения выходных параметров находятся в допустимых пределах, машина должным образом выполняет свои функции, то есть является работоспособной. **Работоспособность** — это состояние машины, при котором она способна выполнять свои функции, сохраняя значения выходных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

С течением времени в любой машине происходят изменения, которые приводят к снижению уровня ее потребительских свойств. Различные виды энергии, действуя на машину, вызывают в ее узлах и деталях связанные со сложными физико-химическими явлениями процессы, которые приводят к износу, поломке, коррозии и другим видам повреждений. Это влечет за собой изменение потребительских свойств машины и может привести к нарушению работоспособности машины.

Например, нагрузки и трение в подвижных соединениях станка приводят к их износу и искажению начальной формы сопряжений, что вызывает потерю станком такого важного потребительского свойства, как точность. Воздействие реактивов вызывает коррозию в резервуарах и трубопроводах агрегатов химической промышленности, что приводит сначала к загрязнению химических веществ, изменению пропускных сечений трубопроводов, а затем и полному отказу этих агрегатов. При переменных силовых воздействиях на детали машин (валы и оси, болты, элементы сварных и заклепочных соединений и др.) в них могут воз-

никнуть усталостные разрушения (трещины), которые снижают прочность и могут привести к поломкам.

Нарушение работоспособности машины, вызванное разными причинами, принято называть **отказом.**

Все отказы можно разделить на два основных вида — внезапные и постепенные.

Внезапные отказы возникают в результате сочетания неблагоприятных факторов, превышающих возможности машины, и носят случайный характер. Момент возникновения внезапного отказа не зависит от длительности предыдущей работы машины.

Постепенные (износовые) отказы связаны со старением машины, ухудшающим начальные показатели ее качества. Вероятность такого отказа в значительной степени зависит от длительности предыдущей работы машины. К этому виду относится большинство отказов машин.

Практика идентификации машин показывает, что появление отказов во времени подчиняется определенной закономерности (рис. 3.1.1). Обычно интенсивность отказов λ велика в самый начальный период эксплуатации машины, который называют **периодом приработки.** Это так называемые приработочные отказы, имеющие характер внезапных отказов. Здесь выходят из строя «слабые» или некондиционные элементы машин. Если качество изготовления машин высокое или на предприятии-изготовителе проведена обстоятельная обкатка машины, то начального периода вообще может и не быть. На рынке такие машины стоят дороже.

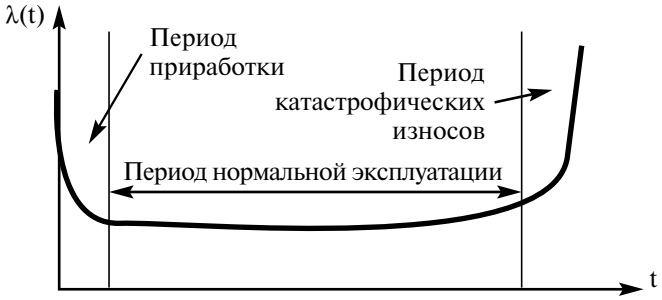

Рис. 3.1.1. **Изменение интенсивности отказов за время эксплуатации машины**

Затем наблюдается спад интенсивности отказов, и их стабилизация λ на относительно низком уровне — это конец периода приработки. Дальше начинается **период нормальной эксплуатации,** который продолжается достаточно долго. Нагрузки, действующие на машину в этот период, не приводят к необратимым изменениям ее свойств. Отказы возникают только при значительных концентрациях нагрузок и имеют преимущественно внезапный характер. Интенсивность их не меняется на протяжении всего периода нормальной эксплуатации и остается на самом низком уровне.

Уровень интенсивности отказов в этот период, оставаясь низким, может различаться для аналогичных машин, выпущенных на разных предприятиях. Данные об интенсивности отказов характеризуют качество продукции разных производителей, что отражается на ее цене.

В этот период, в основном, в результате износа и усталости происходит **постепенное накопление необратимых изменений.** Сопротивляемость машины внешним нагрузкам постепенно падает. Если это технологическая машина, то снижается ее производительность и ухудшается качество выпускаемой продукции.

Если эксплуатация не прекращается, то может наступить период катастрофических износов, когда эксплуатация машины становится экономически нецелесообразной. Поэтому еще до наступления последнего периода машину подвергают капитальному ремонту.

Свойство машины сохранять во времени свою работоспособность называется надежностью. Надежность — обобщенное свойство, включающее в себя понятия безотказности и долговечности.

Безотказность — свойство машины **непрерывно сохранять работоспособность** в течение некоторого времени (времени наработки на отказ).

Показателями безотказности обычно служат либо вероятность безотказной работы $p(t)$ в течение заданного интервала времени $t = T$ (например, $p = 0{,}95$ в течение 1000 часов работы), либо интенсивность отказов $\lambda(t)$, либо среднее время безотказной работы $Tср$ (наработка на отказ).

Машины, имеющие хорошие показатели безотказности, ценятся выше. На практике хорошие показатели безотказности часто ассоциируются с определенными фирмами-производителя-

ми машин и учитываются при оценке стоимости машины или формировании модели ее цены.

Долговечность — свойство машины **сохранять работоспособность в течение всего периода эксплуатации при условии проведения обслуживания и ремонтов,** поддерживающих машину в работоспособном состоянии.

Основным показателем долговечности машины является ее общий срок службы, который определяется допустимыми значениями выходных параметров и **процессом износа,** зависящим от многих факторов. Обычно для каждой машины устанавливается **срок службы *Тн*,** зависящий от ее вида и условий эксплуатации. При этом предполагается, что в течение установленного срока службы машина должна подвергаться регулярным ремонтным воздействиям в соответствии с графиком планово-предупредительных ремонтов, когда ее утраченная работоспособность может быть частично восстановлена.

Надежность и износ машин как технико-экономические понятия

Надежность является одним из основных показателей качества машины и непосредственно **связана с ее стоимостью.** Для покупателя машины определяющим моментом является достижение наибольшего экономического эффекта от ее использования по назначению. В общем случае изменение во времени этого эффекта происходит под влиянием двух основных факторов (рис. 3.1.2):

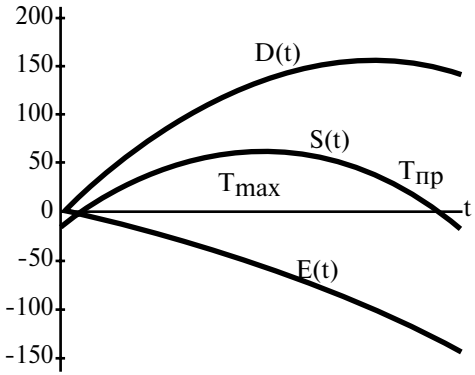

Рис. 3.1.2. **Изменение экономической эффективности машины во времени**

затрат P на приобретение машины и эксплуатационных расходов $E(t)$ на поддержание и восстановление ее работоспособности в течение всего срока эксплуатации. Эти затраты являются **отрицательными,** причем $E(t)$ имеют тенденцию к возрастанию, так как по мере износа машины приходится затрачивать все большие средства на поддержание ее работоспособности.

С другой стороны, работа машины приносит доход $D(t)$ ее владельцу. Однако доход со временем имеет тенденцию к уменьшению, поскольку из-за простоев в ремонте и обслуживании общая производительность машины уменьшается.

Кривая суммарной эффективности $S(t) = P(t) + E(t) + D(t)$ начинается в точке, соответствующей $S(t) = P$, имеет максимум в точке $Tmax$ и дважды пересекает ось абсцисс t. В точке второго пересечения оси абсцисс суммарная эффективность $S(t) = 0$. Это — предельный срок эксплуатации $T_{пр}$ машины, дальше затраты на ее эксплуатацию будут больше того экономического эффекта, который она может дать. Поэтому длительность $T_э$ ее экономически целесообразной эксплуатации лежит в диапазоне $T_{max} < T_э < T_{пр}$.

Показателем надежности с экономической точки зрения может служить коэффициент $K_н = (P + E_{сумм})/T_э$, где $E_{сумм}$ — суммарные затраты на эксплуатацию, ремонт и обслуживание машины (остальные величины определены выше).

Таким образом, длительность $T_э$ экономически целесообразной эксплуатации машины определяется экономическими факторами — в первую очередь затратами, связанными с ее физическим износом.

Эксплуатация машины — сложный процесс, который состоит из нескольких периодов, во время которых потребительские свойства машины либо снижаются, либо восстанавливаются. Весь срок существования машины от выпуска заводом-изготовителем до списания можно разделить на три группы периодов:

1) **работа,** когда потребительские свойства машины снижаются в зависимости от интенсивности и условий ее эксплуатации;

2) **простои** при транспортировке, хранении и консервации, наладке или ожидании работы; в эти периоды потребительские свойства машины, как правило, изменяются незначительно (лишь длительное хранение в течение нескольких лет может существенно повлиять на них);

3) **ремонты** (плановые и аварийные), когда потребительские свойства машины восстанавливаются.

Степень снижения потребительских свойств машины, вне сомнения, коррелирует с интенсивностью и условиями эксплуатации машины. Оборудование, которое работает в две смены с большими нагрузками, изнашивается быстрее, чем такое же оборудование, работающее в одну смену.

Знание фактических нагрузок объекта оценки позволило бы обоснованно судить о его износе.

Для машин характерна работа с переменными нагрузками. Однако, для части машин (обычно специальных или используемых в массовом производстве) характерна упорядоченная работа с определенной закономерностью. В машинах же общего назначения режим работы формируется под совокупным влиянием случайных и периодических факторов. Установить достаточно точно закономерности изменения нагрузок за время работы машины оценщик не может. Поэтому он может лишь довольствоваться информацией, косвенно характеризующей загрузку машины при работе.

Износ технологического оборудования (ТО) приводит к ухудшению качества выпускаемой продукции и снижению производительности машины. Несмотря на различия в функциональном назначении отдельных групп ТО, к ним применим общий подход при оценке износа.

В первую очередь следует обращать внимание на состояние таких рабочих механизмов ТО, которые непосредственно влияют на качество изделия. Именно их износ скажется сильнее всего на таких свойствах ТО, как точность и производительность.

Например, износ шпиндельных опор и направляющих металлообрабатывающего станка, износ направляющих челнока ткацкого станка или износ пятки шпинделя веретена, износ валков и их опор в прокатных станах приводит к снижению качества выпускаемой продукции. Износ элементов приводов в меньшей степени влияет на потребительские свойства.

Износ также влияет на производительность ТО, так как вызванное им учащение подналадок и ремонтов приводит к дополнительным простоям, а необходимость занижения режимов обработки непосредственно снижает выпуск готовой продукции.

Допустимая степень **износа транспортных машин** связана в первую очередь с требованиями безопасности. Кроме того, износ влияет на параметрическую надежность машины, так как при этом снижаются скорость, тяговые свойства, коэффициент полезного действия, маневренность, управляемость и другие характеристики транспортного средства, определяющие безопасность движения.

Обычно основное влияние на работоспособность транспортных машин оказывают ходовая часть, двигатель, тормозная система и механизмы управления.

Для различного оборудования характерен определенный вид износа, который проявляется в специфических местах и элементах машины. Именно на эти элементы оценщик должен обращать внимание при осмотре машины.

Станки, турбины, металлургическое, сельскохозяйственное, горное, дорожно-строительное, нефтегазопромысловое и другое оборудование работают в контакте со средой, обладающей абразивными свойствами. Для них характерен **абразивный вид износа** соединений и рабочих поверхностей (направляющих, подшипников, лопастей роторов насосов и др.).

Для оборудования нефтехимической, пищевой, горнометаллургической, деревообрабатывающей промышленности и других характерен **коррозионно-механический износ**, который возникает при трении материалов, вступающих в химическое взаимодействие с окружающей средой. Изнашивание зависит от природы контактирующих материалов, их коррозионной стойкости, состава среды и наличия в ней активных компонентов.

Такие распространенные элементы машин, как валы и оси, подшипники качения, кулачковые механизмы, валки и другие подвержены **усталостному износу**, возникающему при циклически изменяющихся контактных нагрузках, вызывающих возникновение трещин и отслаивание частиц материала. Проявлением этого вида износа часто бывает повышенный шум при работе соответствующего узла машины.

Потеря машиной работоспособности в процессе ее нормальной эксплуатации — неотвратимый процесс. Обычно при некотором ее состоянии вероятность выхода ее показателей за допустимые пределы достигает установленного уровня. С этого момента машина нуждается в восстановлении их уровня, то есть в проведении ремонта.

Обычно для машин характерна плановая система ремонтов, структура которой должна быть связана с характером работы оборудования.

Для машин, ориентированных на непрерывную работу во все время эксплуатации (шахтные печи, турбины ГЭС и др.), остановка для ремонта невозможна, но техническое обслуживание допустимо.

Технологические машины (станки, текстильные, полиграфические и др.), в основном, допускают периодические остановки для проведения ремонтов в плановые сроки, зависящие от их нормативного срока службы $T_н$.

Плановыми сроками для проведения ремонтов сельскохозяйственных машин и речного транспорта являются сезонные промежутки времени, когда в их использовании нет необходимости.

Учитывая то, что срок службы $T_н$ примерно соответствует периоду нормальной эксплуатации машины (рис. 3.1.1), время проведения капитальных ремонтов $T_{p,i}$ устанавливают с таким расчетом, чтобы поддерживать значения ее потребительских свойств на приемлемом уровне вплоть до наступления участка катастрофических износов. Время T_p между двумя капитальными ремонтами, выраженное обычно в отработанных часах, называется длительностью ремонтного цикла. Внутри ремонтного цикла через равные промежутки времени T_o, называемые межремонтными периодами, проводятся плановые текущие ремонты. Величины T_o для различных машин определяются требованиями к их основным параметрам и объемами ремонтных работ. Выбор оптимальной длительности межремонтного периода T_o и соответственно межремонтного цикла T_p является одной из основных задач при построении рациональной системы ремонта.

В промежутках между периодическими ремонтами осуществляется плановое межремонтное обслуживание машины, основная цель которого состоит в предупреждении отказов и ликвидации последствий недопустимых отказов. Работники службы эксплуатации машин на предприятии смазывают, регулируют и чистят машину, осуществляют диагностику состояния основных узлов и мелкий ремонт. Кроме того, поскольку существует вероятность внезапных отказов машины, производится межремонтное обслуживание по потребности.

В машиностроении существует система стандартов, которая регламентирует сбор и учет на предприятиях информации о состоянии машины, ее повреждениях и отказах, а также затратах на проведение ремонтов. Поэтому у оценщика почти всегда есть возможность использовать эту информацию для более точного описания состояния машины при определении ее физического износа.

Однако устранение накопленного износа с помощью ремонтов тоже имеет свои пределы. Обычно эти пределы определяются накопившимся функциональным (моральным) износом машины и чрезмерно большими затратами на устранение ее физического износа. В этом случае говорят о так называемом **неустранимом износе** машины в отличие от **устранимого износа,** когда восстановление машины не только физически возможно, но и экономически оправдано.

Износ и амортизация

Таким образом, одним из главных факторов, вызывающих уменьшение надежности машин с течением времени, является их износ. Износ — это технико-экономическое понятие, отражающее, с одной стороны, снижение уровня потребительских свойств машины и уменьшение ее работоспособности, а с другой стороны, соответствующее этим процессам снижение стоимости машины как объекта оценки (обесценение).

Обесценение, вызванное износом, необходимо отличать от амортизации, применяемой в бухгалтерском учете.

Амортизация в бухгалтерском учете — это процесс распределения первоначальных затрат, связанных с приобретением машины, на весь срок ее полезного использования. Очевидно, что расчет амортизации, каким бы способом он не проводился, не является оценочной процедурой. Остаточная стоимость, которая определяется при учете амортизации, не является рыночной стоимостью, так как не учитывает состояния машины, ее полезности и возможного отставания от уровня современных машин того же функционального назначения. Это учетная остаточная стоимость машины. Примером, подтверждающим отсутствие связи между полезностью машины и ее остаточной балансовой стоимостью, является использование коэффициентов ускорения амортизации при лизинге, когда за три года эксплуатации машины у лизингополучателя ее балансовая стоимость практически приближается к нулю, а рыночная стоимость остается еще достаточно большой.

Виды износа

В зависимости от причин, вызвавших износ машины, различают три его вида:

— физический износ — потеря стоимости вследствие ухудшения работоспособности машины (объекта оценки), обусловленного естественным ее изнашиванием в процессе эксплуатации или длительного хранения;

— функциональный износ — потеря стоимости машиной (объектом оценки) в результате применения новых технологий и материалов при производстве аналогичного оборудования;

— внешний экономический износ — потеря стоимости машиной (объектом оценки), обусловленная влиянием внешних по отношению к ней факторов.

При определении стоимости подержанного оборудования с применением различных подходов не всегда приходится учитывать все три вида износа.

При использовании доходного подхода вообще не требуется специальный учет какого-либо вида износа, так как влияние каждого из них проявится в величине дохода, создаваемого объектом оценки. Очевидно, что чем больше будет каждый из износов, тем меньше будет величина дохода и, соответственно, стоимость объекта оценки.

При использовании сравнительного подхода определение физического износа часто требуется для корректировки цен близких аналогов по степени износа. При этом функциональный и внешний экономический износы могут учитываться косвенно, через цены близких аналогов или идентичных объектов, у которых они одинаковы с объектом оценки.

Лишь при использовании затратного подхода процесс определения стоимости *С* объекта оценки сводится к определению полной стоимости воспроизводства (восстановительной стоимости) *Св* с последующим учетом обесценения вследствие действия всех трех видов износа.

Важность учета всех трех видов износа при оценке машин и оборудования обусловлена следующими причинами:

— относительно небольшими (на фоне других активов) нормативными сроками службы большинства машин, что свидетельствует о существенности влияния физического износа на их стоимость;

— высокой динамикой появления новых технологий, материалов и конструкций машин, способствующей их относительно быстрому функциональному износу;
— относительно быстрым изменением спроса на многие виды продукции, производимые технологическим оборудованием, а также конкуренцией этой продукции с иностранными товарами, что приводит в ряде случаев к внешнему экономическому износу этого оборудования.

3.2. Методы определения различных видов износа. Определение совокупного износа

Физический износ

При оценке машин и оборудования определение и учет износа необходимы в связи с его существенным влиянием на стоимость объектов оценки. Обычно износ машины, в первую очередь физический, приводит к ухудшению технических показателей, что неминуемо отражается на ее стоимости. В общем случае стоимость C и физический износ машины связаны простой зависимостью

$$C = C_в - C_{и,\ физ} = C_в(1 - K_{и,\ физ}), \qquad (3.2.1)^*$$

где $C_в$ — полная стоимость воспроизводства (восстановительная стоимость) машины, $C_{и,\ физ}$ — стоимость физического износа машины, $K_{и,\ физ}$ — коэффициент ее физического износа.

Как видно из (3.2.1), $K_{и,\ физ}$ представляет собой долю восстановительной стоимости, которую машина потеряла вследствие физического износа, а произведение

$$K_{и,\ физ}C_в = C_{и,\ физ} \qquad (3.2.2)$$

является стоимостью физического износа.

Потеря машиной своих первоначальных показателей при эксплуатации — неотвратимый процесс, протекающий с большей или меньшей интенсивностью в зависимости от конструкции машины и условий ее использования. Предельным состоянием здесь является момент выхода этих показателей за допустимые

* Здесь и далее в круглых скобках даются относящиеся к главам формулы.

границы, соответствующий потере машиной работоспособности в смысле, который был изложен в параграфе 3.1.

Начиная с этого момента, машина нуждается в восстановлении своей работоспособности, что достигается ремонтом ее узлов и элементов, модернизацией, заменой износившихся деталей, регулировкой и т.п.

Ни одна машина, какой бы совершенной она не была, не может обойтись без ремонта и технического обслуживания, которые являются неотъемлемой частью ее нормальной эксплуатации.

Для восстановления работоспособности и замедления процессов износа машин применяются различные системы организации их ремонта. Однако основу любой такой системы на предприятии обычно составляют периодические плановые ремонты, которые производятся через равные, заранее назначенные промежутки времени. Такую систему называют системой планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Затраты на восстановление машины отражаются в бухгалтерском учете отчетного периода, к которому они относятся. При этом затраты на модернизацию после ее проведения могут увеличивать первоначальную (восстановительную) стоимость машины, если в результате улучшаются первоначально принятые нормативные показатели функционирования машины (срок полезного использования, производительность, качество и т.п.).

Для оценки состояния оборудования и транспортных средств, их работоспособности и выявления элементов, которые влияют на выходные параметры, широко применяют методы технической диагностики. Диагностическими параметрами, по которым обычно судят о состоянии объекта и которые можно контролировать в процессе его работы, являются:

1) Выходные параметры объекта, непосредственно характеризующие его работоспособность. Для станков это прежде всего параметры, связанные с точностью обработки, — погрешности траекторий перемещения рабочих органов; для автомобилей — тормозной путь, выхлоп двигателя и люфт рулевого управления; для тракторов — отказы двигателя и ходовой части и т.д.

2) Повреждения элементов машин, которые возникают в процессе эксплуатации объекта и могут привести к отказу. В станках это износы подвижных соединений, особенно тех, которые пло-

хо защищены от загрязнения, плохо смазываются и работают в условиях несовершенного трения; для автомобилей — это износы тормозных колодок, элементов поршневой группы двигателя, а также соединений в рулевом управлении и в опорах подвески.

3) Признаки ухудшения состояния машины, связанные с выходными параметрами. К ним относятся — увеличение шума при работе машины, повышенная температура узлов трения, наличие в смазке продуктов износа. Например, используют спектральный анализ шума машины для выявления состояния зубчатых передач ее привода, спектр акустического сигнала элементов конструкции самолета в диапазоне частот 50–500 кГц можно использовать для обнаружения трещин и т.д.

Для использования методов диагностики требуются разнообразные измерительные средства и серьезная предварительная подготовка.

При оценке стоимости дорогостоящих и уникальных машин информация, полученная с помощью методов технической диагностики, является чрезвычайно ценной, так как на ее основе эксперты могут построить обоснованные выводы об уровне износа машины в целом.

Однако при проведении оценки машин, особенно массовой, применение методов прямой оценки физического износа — затруднительно по указанным выше причинам. Кроме того, их применение не дает оценщику прямого ответа на вопрос о влиянии состояния машины на ее стоимость.

Существующие методы определения физического износа, используемые при оценке, опираются на: а) нормативы планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания, разработанные для разных видов машин, оборудования и транспортных средств; б) нормативные сроки службы при оговоренных условиях эксплуатации.

На промышленных предприятиях России действует система планово-предупредительного ремонта оборудования, в соответствии с которой через определенное отработанное время проводят профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов каждой машины. Периодические осмотры технологического оборудования проводятся приблизительно через 5–6 месяцев (для самолета такие осмотры проводятся перед каждым полетом). При этом осуществляется проверка работы всех механиз-

мов, производится их регулировка, выявляются состояние и степень износа узлов машины. Машины повышенной точности проверяют на точность. При осмотре выявляют все дефекты и неисправности оборудования, но устраняют только такие, наличие которых не позволяет нормально эксплуатировать оборудование до ближайшего планового ремонта. Осмотры производят, как правило, в нерабочее время. Информация о состоянии машины фиксируется в ремонтном подразделении предприятия. Наличие такой информации позволяет оценщику проводить оценку физического износа машины.

Известны следующие методы определения степени физического износа машин при их оценке:

1) метод экспертизы физического состояния;
2) метод эффективного возраста (срока службы);
3) метод средневзвешенного хронологического возраста;
4) метод экспертно-аналитический;
5) метод ухудшения главного параметра.

Метод экспертизы физического состояния объекта

Смысл оценки при применении этого метода заключается в сопоставлении объекту оценки одного из множества описаний его возможных технических состояний, в которых он может оказаться в результате износа. Обычно такое множество имеет вид экспертных шкал или таблиц, строки которых соответствуют различным состояниям и стадиям износа объектов оценки, с указанием соответствующих коэффициентов физического износа $k_{и,\ физ}$. Пример такой шкалы приведен в табл. 3.2.1. При построении шкалы необходимо учитывать следующее. Определенные группы машин имеют различный уровень интенсивности износа, который определяется их конструкцией, загрузкой и условиями эксплуатации. Однако, если эксплуатация машины проходит при неизменных, в первом приближении, условиях, то на самой продолжительной стадии ее существования — стадии нормальной эксплуатации интенсивность износа каждой машины во времени постоянна. То есть зависимость износа машины от времени приблизительно линейная. Это отмечено во всех работах российских и зарубежных ученых, посвященных исследованию износа машин.

Чтобы связать износ машины с ее стоимостью, таблицы-шкалы для определения коэффициентов износа обычно строят на

основе обработки статистической информации о ценах новых и бывших в эксплуатации машин. Значения коэффициентов износа определяют, сопоставляя цены продаж $Ц_{втор}$ на вторичном рынке машин, техническое состояние и физический износ которых известен, с ценами $Ц$ новых идентичных машин. В этом случае коэффициент износа можно найти, как

$$k_{и,\ физ} = \frac{Ц - Ц_{втор}}{Ц}. \qquad (3.2.3)$$

Таблица 3.2.1

Характеристика технического состояния оборудования	**Коэф. износа $k_{и,\ физ}$**
Новое оборудование, в отличном состоянии. Возможны лишь приработочные отказы	до 0,05
Безотказно работающее оборудование, после недолгой эксплуатации, без выявленных дефектов и неисправностей	0,05–0,20
Оборудование с небольшими дефектами эксплуатации, которые не ограничивают его работоспособность. Оборудование после капитального ремонта, в хорошем состоянии	0,20–0,35
Оборудование в удовлетворительном состоянии. Могут быть некоторые ограничения в выборе режимов работы, устраняемые при межремонтном обслуживаниии или текущем ремонте	0,35–0,50
При работе оборудования наблюдаются отказы, для ликвидации которых требуются внеплановые ремонты. Есть ограничения на выбор режимов работы и максимальные нагрузки	0,50–0,75
Оборудование, работающее с частыми отказами, требующее капитального ремонта основных узлов, в плохом состоянии	0,75–0,90
Оборудование, негодное к применению по основному назначению	свыше 0,90

Оценщик, как правило, в состоянии применить метод достаточно точно только в ситуациях, когда он хорошо знаком с объектом оценки. В остальных случаях при определении коэффициента физического износа $k_{и,\ физ}$ этим методом оценщик может привлекать квалифицированных специалистов в области экс-

плуатации оборудования для консультаций по его техническому состоянию (независимых экспертов). Весьма полезными для оценщика при этом являются аргументация ответов специалистов и информация об источниках этой аргументации.

Для повышения достоверности оценки $k_{и,\ физ}$ может быть учтено мнение нескольких экспертов, особенно когда речь идет о выборе значения из достаточно широкого диапазона значений в пределах одной строки таблицы. В этом случае результат оценки представляет собой средневзвешенное значение мнений M экспертов:

$$k_{и,\ физ} = \sum_{i=1}^{M} m_i k_{и,\ физ,\ i}, \qquad (3.2.4)$$

где $k_{и,\ физ,\ i}$ — оценка износа i-м экспертом;

m_i — компетентность i-го эксперта $\left(\sum_{i=1}^{M} m_i = 1\right)$.

Например, требуется оценить физический износ круглошлифовального станка класса точности В (высокая точность), хронологический возраст которого составляет 7 лет. Исходя из результатов проведенного на предприятии месяц назад планового осмотра станка, показавшего, что основные показатели станка (радиальное биение шпинделя, точность позиционирования шлифовальной бабки) находятся на границе допустимого диапазона и лишь на высоких скоростях шлифования наблюдаются вибрации шлифовального круга, станок попал в четвертую строку табл. 3.2.2. Однако мнения экспертов разошлись в отношении количественной оценки коэффициента износа: один из экспертов (мастер цеха) оценил его величиной 0,35, другой (слесарь-ремонтник) — 0,45. Учитывая больший производственный опыт первого из экспертов, было принято значение

$$k_{и,\ физ} = 0{,}6 \times 0{,}35 + 0{,}4 \times 0{,}45 = 0{,}39.$$

Экспертно-аналитический метод

Метод предполагает определение коэффициента физического износа машины при одновременном учете ее хронологического возраста T и экспертной балльной оценки $Б$ физического состояния.

В работе [25] применение метода рассмотрено на примере станков. Для некоторого количества станков одной и той же модели (новых и подержанных) были определены:

а) коэффициенты физического износа по формуле:

$$k_{и,\ физ} = (Ц_н - Ц_п)/Ц_н;$$

б) техническое состояние в баллах *Б* по специальной шкале (экспертно).

При одинаковом возрасте станки обнаруживали разный коэффициент износа. После обработки данных была получена математическая модель физического износа:

$$k_{и,\ физ} = (0{,}208 - 0{,}003 \times Б) \times T^{0{,}7};$$

где T — хронологический возраст станка.

Таблица для назначения балльной оценки физического состояния станка:

Таблица 3.2.2

Оценка состояния	**Характеристика физического состояния**	**Средний балл Б**
Очень хорошее	Оборудование, мало эксплуатировавшееся либо прошедшее качественный капитальный ремонт, в очень хорошем состоянии	50
Хорошее	Слабо поношенное, отремонтированное или обновленное оборудование в хорошем состоянии	40
Среднее	Оборудование в удовлетворительном состоянии, частично поношенное, требующее небольшого ремонта или замены отдельных мелких частей, таких, как подшипники, вкладыши и др.	30
Посредственное	Оборудование в работоспособном состоянии, но требующее ремонта или замены главных частей, таких, как двигатель и других ответственных узлов	20
Плохое	Оборудование в плохом состоянии, требующее такого капитального ремонта, как замена рабочих органов основных агрегатов	10

В данном методе коэффициент физического износа получается на основе цен на подержанные и новые станки, то есть он отражает реакцию вторичного рынка на степень физического износа станков.

Метод эффективного возраста

Для оценки износа вводится понятие эффективного возраста $T_{эф}$ оборудования. Если хронологический возраст T — это количество лет, прошедших со времени создания машины, то эффективный возраст $T_{эф}$ — это возраст, соответствующий физическому состоянию машины, отражающий фактическую наработку машины за срок T и учитывающий условия ее эксплуатации. Знание эффективного возраста объекта оценки позволяет более обоснованно судить о его износе.

Если эффективный возраст $T_{эф}$ машины известен, то коэффициент физического износа определяется по формуле:

$$k_{и,\ физ} = \frac{T_{эф}}{T_н}, \qquad (3.2.5)$$

где $T_н$ — нормативный срок службы машины.

Обычно для определения $T_{эф}$ экспертно оценивают остающийся срок службы $T_{ост}$ объекта оценки до его изъятия из эксплуатации и списания. В этом случае:

$$T_{эф} = T_н - T_{ост}. \qquad (3.2.6)$$

Определение остающегося срока предполагает, что оценщику известно, как машина будет эксплуатироваться с момента оценки до самого окончания срока ее службы (сменность, нагрузки, условия работы и т.п.).

Для машин типична работа с переменными нагрузками. Для части из них (обычно специальных или используемых в массовом производстве) характерна упорядоченная работа с периодической закономерностью. Однако в машинах общего назначения режим работы формируется под совокупным влиянием большого количества факторов. Установить достаточно точно закономерности изменения режима работы за время работы машины оценщик практически не может. Поэтому он может лишь довольствоваться информацией, косвенно характеризующей загрузку машины при работе лишь на протяжении обозримого времени.

Метод предполагает, что возможны иные пути нахождения $T_{эф}$. Например, для определения $T_{эф}$ можно использовать метод корректировки хронологического возраста T машины с помощью ряда коэффициентов, отражающих условия эксплуатации машины. Для этого можно воспользоваться такими показателя-

ми, как характер производства, сменность и условия работы объекта оценки. При назначении срока полезного использования (срока службы) предполагалось вполне определенное использование машины. Если известно, что машина эксплуатировалась в иных условиях, то для определения эффективного возраста вполне оправдана корректировка ее хронологического возраста в соответствии с изменившимися условиями:

$$T_{эф} = T\,K_{см}\,K_{хп}\,K_{ур},$$

где $K_{см}$ — коэффициент сменности, равный отношению средней фактической сменности работы машины к номинальной, на основе которой назначен срок полезного использования оборудования. Например, для машиностроения эта величина приблизительно равняется 1,7–1,8.

$K_{хп}$ — коэффициент характера (типа) производства, в условиях которого фактически работает машина (0,9–1 — для массового производства, при котором оборудование загружено полностью; 0,67–0,77 — для серийного производства; 0,5–0,65 — для единичного производства); так как этот коэффициент характеризует внутрисменное использование оборудования, его часто называют коэффициентом внутрисменного использования $K_{ви}$;

$K_{ур}$ — коэффициент условий работы машины (1 — при работе в цеховом помещении; 0,6–0,7 — при работе в отдельном помещении; 1,3–1,5 — при вредных для оборудования условиях работы (высокая интенсивность загрязнения или запыленности, повышенная влажность, контакт с химически активной средой и т.п.); при очень высокой интенсивности загрязнения 3–5).

Произведение всех трех коэффициентов назовем коэффициентом использования машины:

$$K_{исп} = K_{см}\,K_{ви}\,K_{ур}. \qquad (3.2.7)$$

Таким образом,

$$T_{эф} = T\,K_{исп}. \qquad (3.2.8)$$

Корректировка хронологического возраста с целью определения $T_{эф}$ может дать надежные результаты, если значения использованных коэффициентов достаточно точно отражают условия эксплуатации объекта оценки за весь период его эксплуатации, предшествующий моменту оценки.

Пусть, например, известно, что хронологический возраст машины $T = 10$ лет. Машина работает в две смены ($K_{см} = 1$), в единичном производстве ($K_{ви} = 0{,}67$) и установлена в одном из цехов предприятия ($K_{ур} = 1$).

Эффективный возраст машины при таких условиях загрузки можно оценить, как:

$$T_{эф} = 10 \times 1 \times 0{,}67 \times 1 = 6{,}7 \text{ года},$$

то есть фактически машина выглядит моложе своего хронологического возраста. Соответственно она лучше сохранила свои потребительские свойства.

Для определения коэффициента физического износа нужна информация о сроке полезного использования машины. Пусть $T_н = 12$ лет (по данным бухгалтерии заказчика). Тогда:

$$k_{и,\ физ} = \frac{T_{эф}}{T_н} = \frac{6{,}7}{12} = 0{,}56 \text{ или } 56\%.$$

Сопоставляя оба подхода к определению $T_{эф}$, следует отметить, что оба они обладают недостатком в части неопределенности условий эксплуатации объекта за пределами некоторого интервала времени, примыкающего к моменту оценки.

Метод средневзвешенного хронологического возраста

Метод может быть применен тогда, когда после нескольких лет эксплуатации машины, замен и ремонтов ряда ее деталей и узлов возраст их оказался разным. В этом случае коэффициент физического износа машины может быть рассчитан по формуле:

$$k_{и,\ физ} = \frac{T_{ср/взв}}{T_н} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i * d_i}{T_н},$$

где $T_{ср/взв}$ — средневзвешенный хронологический возраст машины;

T_i — хронологический(или эффективный) возраст i-го агрегата;

d_i — доля i-го агрегата в восстановительной стоимости машины;

n — количество разновозрастных агрегатов в машине.

Метод ухудшения главного параметра

Метод предполагает, что физический износ проявляется в ухудшении какого-либо **одного** характерного эксплуатационного параметра машины (производительности, точности, мощности, расхода топлива или электроэнергии, потока отказов и т.п.). Если такой параметр найден для данного вида машин, то коэффициент физического износа рассчитывается следующим образом:

$$k_{и,\ физ} = 1 - \left(\frac{X}{X_0}\right)^b,$$

где X_0, X — значения главного параметра машины в начале эксплуатации и на момент оценки соответственно;

b — показатель степени, характеризующий силу влияния главного параметра на стоимость машины (обычно для коэффициента торможения принимают значения 0,6–0,8).

Метод учета восстановления машины после капитальных ремонтов

Метод основан на очевидном представлении о снижении потребительских свойств *ПС* машин и оборудования при эксплуатации из-за возрастания физического износа и их частичном восстановлении после проведения ремонтов вообще и капитального ремонта, в частности. Уровень потребительских свойств машины на разных этапах ее существования можно выразить с помощью некоторого обобщенного относительного показателя *ПС*, представляющего собой взвешенную аддитивную функцию значений основных технико-экономических показателей X_i машины в момент оценки по отношению к значениям тех же показателей X_{io} в начале эксплуатации — производительности, точности и др.:

$$ПС = \sum_i \frac{X_i}{X_{io}}. \qquad (3.2.9)$$

В отличие от предыдущего метода здесь можно учесть сразу несколько показателей машины.

В практической работе оценщик все чаще сталкивается с ситуацией, когда необходимо определить физический износ машины, которая имеет значительный хронологический возраст и уже прошла один или несколько капитальных ремонтов. Если пред-

ставить изменение показателя потребительских свойств *ПС* такой машины за это время, то получится зигзагообразная кривая, подобная графику, показанному на рис. 3.2.1. Пики на кривой соответствуют капитальным ремонтам, их высота — соответствующим затратам на ремонт, а расстояния между ними — ремонтным циклам T_p (наработкам между двумя капитальными ремонтами). Для упрощения графика промежуточные ремонтные циклы опущены, а текущие ремонты не показаны.

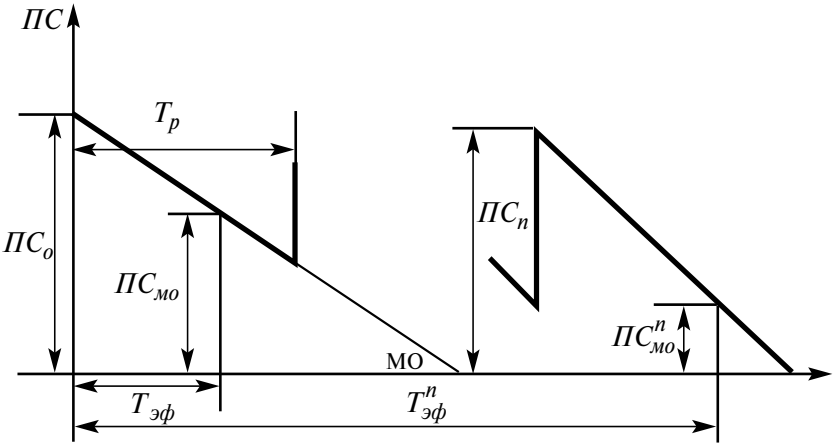

Рис. 3.2.1. **Изменение потребительских свойств машины во времени**

Произведенные затраты восстанавливают потребительские свойства машины полностью или частично и продлевают общий срок службы машины, о чем делается соответствующая запись в учетных документах на машину.

Обычно для каждого инвентарного объекта на предприятии назначают определенное значение срока $T_н$ полезного использования (срока службы) в пределах интервала, задаваемого амортизационной группой с учетом предполагаемой загрузки. Так как машины и оборудование являются восстанавливаемыми объектами, то предполагается проведение на протяжении их нормативного срока службы нескольких капитальных ремонтов (обычно не более трех). Время между двумя капитальными ремонтами (или от ввода в эксплуатацию до первого капитального ремонта) называют ремонтным циклом. Внутри каждого ремонтного цик-

ла проводят несколько текущих ремонтов и технических осмотров.

В зависимости от рекомендаций производителя машины предприятие при составлении перспективного плана ремонтов оборудования назначает продолжительность T_p ремонтных циклов для всех машин. Средняя величина T_p для легких и средних технологических машин составляет 5–6 лет. Из опыта эксплуатации таких машин можно принять, что за ремонтный цикл их потребительские свойства (*ПС*) снижаются примерно на 50–60% первоначального уровня, то есть при указанной выше продолжительности ремонтного цикла скорость V снижения потребительских свойств машины составляет 8–10% в год.

Проведение капитальных ремонтов машин, наоборот, повышает их потребительские свойства в среднем на 20–40% первоначального уровня. Причем большие значения диапазона соответствуют более поздним (второму, третьему) капитальным ремонтам. Рост затрат на капитальный ремонт снижает эффективность использования оборудования, что, в конечном счете, приводит к нецелесообразности его дальнейшей эксплуатации.

Значения срока службы $T_н$ и ремонтного цикла T_p для каждого инвентарного объекта оценщик узнает в процессе идентификации.

Рассмотрим определение физического износа для двух моментов времени в жизни машины:

а) Машина еще не проходила капитальных ремонтов. Эта ситуация показана на левой стороне рис. 3.2.1. Предполагается, что закон изменения потребительских свойств машины линейный. Это обосновывается тем, что на протяжении периода нормальной эксплуатации машины (после завершения времени приработочных износов) интенсивность ее физического износа обычно считается постоянной.

Если обозначить потребительские свойства машины в начале эксплуатации и в конце ремонтного цикла, как $ПС_0$ и $ПС_i$ соответственно, то снижение $\Delta ПС$ потребительских свойств машины за ремонтный цикл можно определить, как:

$$\Delta ПС = ПС_0 - ПС_i.$$

Воспользуемся введенным выше представлением о скорости V снижения потребительских свойств машины за ремонтный цикл T_p:

$$V = \frac{\Delta ПС}{T_р}. \qquad (3.2.10)$$

В момент оценки эффективный возраст $T_{эф}$ машины меньше или равен продолжительности ремонтного цикла $T_р$. Поэтому при известной скорости V снижение потребительских свойств на момент оценки составит:

$$\Delta ПС_{мо} = V \times T_{эф},$$

а сама относительная величина этих свойств будет равна:

$$ПС_{мо} = 1 - \Delta ПС_{мо}. \qquad (3.2.11)$$

Тогда коэффициент физического износа машины с учетом 3.2.11 рассчитывается следующим образом:

$$k_{и,\ физ} = 1 - (ПС_{мо})^m, \qquad (3.2.12)$$

где показатель степени m — обычно равен 0,5–0,7, а $ПС_{мо}$ — имеет смысл в соответствии с выражением 3.2.9.

Значение $T_{эф}$ можно определить либо с использованием экспертных шкал, либо по формуле 3.2.8.

б) Машина уже прошла один или несколько капитальных ремонтов. Эта ситуация показана в правой части рис. 3.2.1, где у всех обозначений появились индексы «n», соответствующие n-му ремонтному циклу машины.

Определение коэффициента физического износа в момент оценки (мо1) отличается от предыдущего случая двумя обстоятельствами:

во-первых, значением хронологического T и эффективного возраста $T^n_{эф}$,

во-вторых, проведенными за это время капитальными ремонтами, которые повысили потребительские свойства машины на величину $\sum_{i=1}^{n-1} \Delta ПС_{р,\ i}$,

где $\Delta ПС_{р,i}$ — относительный прирост потребительских свойств машины в результате i-го капитального ремонта;

n — количество ремонтных циклов; $(n - 1)$ — количество капитальных ремонтов, которым подвергалась машина на момент оценки.

Указанные обстоятельства изменяют формулу 3.2.11 для определения относительной величины потребительских свойств машины на момент оценки:

$$ПС^{n}_{мо} = 1 - V \times T^{n}_{эф} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta ПС_{p,\,i}. \qquad (3.2.13)$$

Теперь эта величина учитывает не только снижение потребительских свойств за больший срок, определяемый значением $T^{n}_{эф} > T_{эф}$, но и их прирост в результате проведенных капитальных ремонтов.

Соответственно изменяется значение коэффициента физического износа машины:

$$k^{n}_{и,\,физ} = 1 - (ПС^{n}_{мо})^{m}. \qquad (3.2.14)$$

Определение $T^{n}_{эф} = T^{n} \times K_{исп}$ осуществляется аналогично предыдущему случаю. Здесь T^{n} — хронологический возраст машины на момент оценки, $K_{исп}$ — имеет тот же смысл, что и раньше.

Рассмотрим пример.

Требуется определить коэффициент физического износа машины, нормативный срок службы которой равен $T_{н}$ =15 лет. Хронологический возраст машины T = 8 лет. Предприятием установлена продолжительность ремонтного цикла $T_{р}$ = 5 лет. За цикл потребительские свойства машины снизились на 50%. Капитальный ремонт восстановил их на 20%. Машина проработала после капитального ремонта T = 3 года, коэффициент использования $K_{исп}$ = 1,0.

Примем потребительские свойства машины на момент начала ее эксплуатации равными $ПС_{0}$ = 1.

Скорость снижения потребительских свойств машины за ремонтный цикл определим по формулам 3.2.9 и 3.2.10:

$$V = \frac{1 - 0{,}5}{5} = 0{,}1\ [1/год].$$

Рассчитав $T_{эф} = 8 \times 1{,}0 = 8$ [лет], по формуле 3.2.13 найдем относительную величину потребительских свойств машины на момент оценки:

$$ПС_{мо} = 1 - 0{,}1 \times 8 + 0{,}2/1 = 0{,}4.$$

Приняв $m = 0{,}6$, определим коэффициент физического износа, как:

$$k_{и,\ физ} = 1 - (0{,}4)^{0{,}6} = 1 - 0{,}58 = 0{,}42.$$

Для получения информации о показателях степени m полезно собирать и обрабатывать данные о коэффициентах восстановления потребительских свойств машины после капитального ремонта. Коэффициент восстановления K_B можно определить, сопоставляя цены предложений на рынке машин, только что прошедших капитальный ремонт, с ценами новых идентичных машин. Информация, собранная по технологическому оборудованию для случаев, когда модернизация машины при капитальном ремонте не проводилась, дает значения:

$$K_B \approx 0{,}65 - 0{,}8. \qquad (3.2.15)$$

Эти значения хорошо совпадают со значениями, которые можно получить по экспертным шкалам для машин, прошедших капитальный ремонт, если положить (см. табл. 3.2.1):

$$K_B = 1 - k_{и,\ физ} \text{ или } k_{и,\ физ} = 1 - K_B. \qquad (3.2.16)$$

Если в рассмотренном выше примере определить коэффициент физического износа машины сразу же после проведения капитального ремонта, то есть при $T = T_p = 5$ лет, то получим:

$K_{ПС,мо} = 1 - 0{,}1 \times 5 + 0{,}2/1 = 0{,}7$ и, соответственно,

$k_{и,\ физ} = 1 - (0{,}7)^{0{,}6} = 1 - 0{,}8 = 0{,}2.$

Полученное значение $k_{и,\ физ}$ укладывается в диапазон значений табл. 3.2.2 , соответствующих коэффициентам физического износа машин, прошедших капитальный ремонт. В противном случае следует уточнить показатель степени m.

Функциональный износ

Функциональный износ (обесценение) существующих машин и оборудования обычно связывают с потерей ими стоимости вследствие появления на рынке новой техники такого же функционального назначения. Здесь понятие «новая техника» отражает не отсутствие у нее физического износа, а целый комплекс ее особенностей, связанных, прежде всего, с использованием при ее создании новых конструктивных решений, материалов и технологий производства.

Функциональный износ у существующих машин может наблюдаться даже тогда, когда машина только что собрана производителем.

Для оценки функционального износа будем полагать, что объект оценки и его современный аналог имеют одинаковую полезность. Например, в случае технологического оборудования имеют одинаковые основные размеры, производительность, уровень автоматизации, класс точности и др. Если этого нет, необходимо предварительно провести коррекцию цены современного аналога, ориентируясь на показатели объекта оценки, то есть найти стоимость замещения.

Только в этом случае становится возможным выделить **показатели функционального износа.** Обычно учитывают несколько таких показателей.

Первый из них связывают с уровнем затрат на производство оборудования. Производитель, начиная выпуск новой модели машины, обычно стремится не только улучшить ее технические показатели, но снизить себестоимость ее производства. Как правило, это происходит за счет повышения технологичности конструкции современного аналога, использования новых материалов и технологий производства. Поэтому, проведя коррекцию цены современного аналога по техническим параметрам, оценщик часто обнаруживает, что при эквивалентной полезности с объектом оценки его скорректированная рыночная цена $Ц_{ан,корр}$ оказывается ниже стоимости воспроизводства $С_{воспр}$ объекта оценки. Разница между ними свидетельствует о функциональном износе объекта оценки из-за избыточных затрат на его производство, то есть более высокой себестоимости (в ряде случаев такой вид функционального износа называют технологическим).

Показателем этого вида функционального износа (технологического) будем считать **относительный показатель уровня затрат**:

$$I_з = \frac{Ц_{ан,корр}}{С_{воспр}}. \qquad (3.2.20)$$

Обычно $I_з \leqslant 1$. Скорректированная цена современного аналога $Ц_{ан,корр}$ может превышать $С_{воспр}$ объекта оценки, например, тогда, когда рост затрат на его производство одновременно сопровождается значительным сокращением расходов на его эксплуатацию.

Второй показатель функционального износа связан с уменьшением расходов на эксплуатацию современного аналога по сравнению с объектом оценки. Обычно это происходит из-за меньшего энергопотребления современного аналога, более высокой надежности (соответственно меньшими затратами на устранение отказов), увеличением межремонтных сроков, уменьшением обслуживающего персонала и др.

Показателем этого вида функционального износа будем считать **относительный показатель уровня эксплуатационных расходов**:

$$I_{эр} = \frac{ЭР_{ан}}{ЭР_{оц}}. \qquad (3.2.21)$$

Обычно $I_{эр} \leqslant 1$, так как у новой техники всегда просматривается тенденция к уменьшению эксплуатационных расходов.

Для определения коэффициента функционального износа сначала нужно определить комплексный относительный показатель уровня объекта оценки K_y. Его можно найти как произведение тех относительных показателей I, которые определяются при оценке объекта, то есть:

$$K_y = I_з \times I_{эр}. \qquad (3.2.22)$$

Показатель уровня $K_y \leqslant 1$. Для функционально устаревших машин $K_y < 1$, для машин, уровень которых соответствует понятию новая техника, $K_y = 1$.

Коэффициент функционального износа можно определить как разность

$$k_{и,\ фун} = 1 - K_y = 1 - \frac{Ц_{ан,\ корр}}{C_{воспр}} \times \frac{ЭР_{ан}}{ЭР_{оц}}. \qquad (3.2.23)$$

Из формулы 3.2.23 видно, что функциональный износ объекта оценки тем больше, чем ниже цена и эксплуатационные характеристики его нового современного аналога эквивалентной полезности.

Чтобы оценить стоимость объекта оценки с учетом физического и функционального износов можно воспользоваться формулой:

$$C = C_в\,(1 - k_{и,\ физ})\,(1 - k_{и,\ фун}) = C_в\,(1 - k_{и,\ физ})\,K_y. \qquad (3.2.24)$$

Основной проблемой при расчете коэффициента функционального износа обычно является определение относительных показателей *I*. Причем, если расчет $I_з$ в виде отношения скорректированной рыночной цены современного аналога к стоимости воспроизводства объекта оценки по формуле 3.2.20 вполне возможно осуществить на основе собранной информации, то оценка $I_{эр}$ достается труднее. Ее удается осуществить только с помощью привлечения и соответствующих опросов специалистов. Следует помнить о том, что задача оценки значительно облегчается тем, что требуется знать лишь соотношение эксплуатационных расходов современного аналога и объекта оценки, а не их абсолютные значения.

Упрощенный учет функционального износа

Технический прогресс и появление новых конструкций машин неизбежно приводят к функциональному износу существующего оборудования. Скорость этого вида износа может сильно различаться у оборудования разных товарных групп, в зависимости от прогресса в соответствующих отраслях промышленности, где используется это оборудование. Например, в связи с широким использованием кузнечно-прессового и сварочного оборудования в основном производстве в автомобильной промышленности динамика появления новых конструкций машин в этих товарных группах выше, чем, например, в группах подъемно-транспортного и термического оборудования. Поэтому оборудование первых двух групп функционально стареет заметно быстрее, чем двух последних.

Очевидно и то, что чем выше уровень автоматизации оборудования, чем сильнее в нем использованы электроника и вычислительная техника, тем интенсивнее идет процесс функционального износа. Например, станочное оборудование с программным управлением функционально стареет приблизительно в два раза быстрее, чем такое же оборудование с ручным управлением.

В связи с трудностями сбора информации, касающейся функционального износа каждой конкретной машины, оценщики часто используют общие статистические данные о тенденциях изменения функционального износа в зависимости от: а) времени $T_{зпр}$, прошедшего с момента запуска машины в производство, и б) уровня автоматизации *УА* машины.

Нельзя заменять время $T_{зпр}$ на хронологический возраст объекта оценки, так как различия между ними могут быть очень большими. Например, если машина определенной модели продавалась на рынке в течение 10 лет, то, возможно, что хронологический возраст таких машин у разных пользователей также различается на 10 лет. Однако функциональный износ обеих машин — одинаков, вне зависимости от физического износа.

Покажем методику упрощенного расчета функционального износа на простом примере. Введем допущение о линейности изменения функционального износа во времени. Обозначим уровни автоматизации (*УА*) машин следующим образом: 1 — машины с ручным управлением, 2 — автоматы и полуавтоматы с жестким циклом работы, 3 — высоко автоматизированное оборудование, в том числе с числовым программным управлением (ЧПУ), гибкие производственные модули (ГПМ).

Если информацию о темпах функционального износа металлообрабатывающего оборудования различных уровней автоматизации, соответствующую началу 90-х годов, экстраполировать на другие машины и нынешнее время, то полученные ориентировочные результаты можно представить в виде следующей таблицы (так как выше сделано допущение о линейности изменения функционального износа, то временной интервал $T_{зпр}$ включает лишь две точки):

Таблица 3.2.3

$T_{зпр}$, лет	Коэффициент функционального износа $k_{и,фун}$		
0	0	0	0
20	0,30	0,45	0,8
УА оборудования	1	2	3

Математические модели, соответствующие этим данным, имеют вид:

а) для машин с ручным управлением — $k_{и,\ фун} = 0{,}015 \times T_{зпр}$;

б) для автоматов и полуавтоматов с жестким циклом — $k_{и,\ фун} = 0{,}0225 \times T_{зпр}$;

в) для станков и машин с ЧПУ, ГПМ — $k_{и,\ фун} = 0{,}04 \times T_{зпр}$.

Таким образом, установив в процессе идентификации объекта оценки время $T_{зпр}$, прошедшее с момента запуска в производ-

ство данной модели, и ее уровень автоматизации, можно приблизительно оценить функциональный износ.

Например, оценивается машина с ручным управлением, проработавшая с момента ввода в эксплуатацию $T = 10$ лет. Первые образцы таких машин, по данным специалистов, были запущены в производство приблизительно $T_{зпр} = 17$ лет назад. Функциональный износ такой машины можно оценить, как:

$$k_{и,\ фун} = 0{,}015 \times T_{зпр} = 0{,}255 \text{ (или } 25{,}5\%).$$

Внешний экономический износ

Внешний экономический износ оборудования — это потеря стоимости в результате действия факторов, внешних по отношению к объекту оценки.

Основными причинами внешнего экономического износа могут быть:

а) сократившийся спрос на продукцию, которую изготавливают на оцениваемом оборудовании. Например, при замене молочной стеклотары с широким горлом на другой вид упаковки молочной продукции из-за внешнего износа резко упали цены на оборудование для производства такой стеклотары. Другим примером может служить внешний экономический износ оборудования для производства граммпластинок после появления на рынке аудиокассет, а затем CD-дисков;

б) возросшая конкуренция с импортными изделиями приводит к обесценению отечественного оборудования для производства продукции того же назначения. Например, при появлении в продаже японских цветных кинескопов произошло обесценение российского оборудования для производства цветных кинескопов. Другим примером может быть внешний экономический износ оборудования российских авиационных заводов в связи со стремлением многих авиаперевозчиков в России перейти на использование пассажирских самолетов иностранного производства;

в) затруднения в снабжении сырьем или комплектующими изделиями производителей машин (например, в связи с распадом Советского Союза), возросшие затраты на сырье и коммунальные услуги, инфляция, высокие ставки процента, рост налогов в сочетании с неблагоприятной конъюнктурой рынка приводят к падению прибыли в ряде сфер производства, что обесценивает применяемое там технологическое оборудование.

Как правило, внешнему экономическому износу в большей степени подвержено не универсальное, а специальное оборудование. Если универсальное может использоваться в других производствах и поэтому не теряет своей стоимости в силу указанных выше причин, то специальные машины и технологические комплексы, особенно при невозможности переналадки их на выпуск иной продукции, подвержены внешнему экономическому износу в полной мере.

Внешний экономический износ легче учитывать при применении доходного подхода, так как недоиспользование оборудования, в первую очередь, приводит к уменьшению прибыли, получаемой его собственником. Если оцениваемое оборудование является узко специальным и его невозможно использовать для альтернативных целей (о чем должен подумать менеджмент), то, при падении спроса на выпускаемую продукцию на рынке, стоимость его как целостной единицы тоже упадет (при этом предполагается, что оборудование выпускает максимум того, что требует рынок, и принцип полного и эффективного использования не нарушается). При больших потерях стоимости оценщик может рекомендовать предприятию утилизировать оборудование, так как его утилизационная стоимость может оказаться выше рыночной.

При применении затратного подхода недоиспользование оборудования вследствие внешнего экономического износа можно оценить с помощью относительных показателей, как это было в случае функционального износа. Обычно таким показателем является **относительный коэффициент недоиспользования оборудования:**

$$I_n = \left(\frac{B_{факт}}{B_{ном}}\right), \qquad (3.2.25)$$

где $B_{факт}$ и $B_{ном}$ — соответственно фактический и номинальный выпуски продукции (в денежном выражении) за определенный период времени.

Обычно $0 \leqslant I_n < 1$.

Коэффициент внешнего экономического износа оборудования равен:

$$k_{и,\ вн} = 1 - I_n. \qquad (3.2.26)$$

При определении внешнего экономического износа машин и оборудования важно очень четко представлять причины сниже-

ния выпуска продукции. Если причиной являются плохой менеджмент или временно неблагоприятно складывающаяся конъюнктура на рынке продукции, производимой оборудованием, то получившиеся общие потери не следует использовать для расчета внешнего экономического износа. Неправильно относить к внешнему экономическому износу недозагрузку универсального оборудования и транспортных средств, которые могут быть в полную силу использованы в других производствах.

Если падение выпуска продукции вызвано устойчивыми внешними причинами, перечисленными выше, и оборудование в этих условиях не может быть использовано иначе, то имеет место его внешний экономический износ.

Например, оценивается специальная автоматическая линия по производству электроламп. Известны физический и функциональный износы линии: $k_{и,\ физ} = 0{,}3$ и $k_{и,\ фун} = 0{,}25$. Линия рассчитана на выпуск $B_{ном} = 700$ ламп/смену. Конструкция линии такова, что она может выпускать электролампы только низкого качества, спрос на которые упал из-за появления в продаже электроламп более высокого качества. Максимум продукции, которую могут принять торгующие организации, приводит к недоиспользованию линии. Фактический выпуск продукции составляет $B_{факт} = 400$ ламп/смену. Модернизация линии признана нецелесообразной. Известна цена единицы продукции $Ц_л$.

Относительный коэффициент недоиспользования оборудования:

$$I_п = \left(\frac{400 \times Ц_л}{700 \times Ц_л}\right) = 0{,}57. \qquad (3.2.25)$$

Коэффициент внешнего экономического износа — $k_{и,\ вн} = 1 - 0{,}57 = 0{,}43$.

Определение совокупного износа

При определении стоимости отдельных машин или технологических комплексов с применением различных подходов не обязательно специально учитывать все три вида износа.

При использовании доходного подхода вообще не требуется специальный учет какого-либо вида износа, так как влияние

каждого из них проявится в величине дохода, создаваемого объектом оценки. Очевидно, что чем больше будет каждый из износов, тем меньше будут величина дохода и, соответственно, стоимость объекта оценки.

При использовании сравнительного подхода в качестве базы для определения стоимости машины обычно используют рыночные цены $Ц_{ан}$ идентичных объектов или близких аналогов. Считается, что в этих ценах уже учтен функциональный и внешний экономический износы машин, практически одинаковых с объектом оценки. Поэтому требуется определение лишь его физического износа для корректировки цен близких аналогов по степени износа, если это необходимо:

$$C = Ц_{ан}\,(1 - k_{и,\ физ,\ оц}) \,/\, (1 - k_{и,физ,\ ан}),$$

где $k_{и,\ физ,\ оц}$, $k_{и,\ физ,\ ан}$ — коэффициенты физического износа объекта оценки и близкого аналога соответственно.

Лишь **при использовании затратного подхода** процесс определения стоимости C объекта оценки сводится к определению полной стоимости воспроизводства (восстановительной стоимости) $C_в$ с последующим учетом обесценения вследствие действия всех трех видов износа:

$$C = C_в\,(1 - k_{и,\ физ})(1 - k_{и,\ фун})(1 - k_{и,\ вн}), \qquad (3.2.27)$$

где $k_{и,\ физ}$, $k_{и,\ фун}$, $k_{и,\ вн}$ — коэффициенты физического, функционального и внешнего экономического износа машины соответственно.

Формулы для определения коэффициентов износа, приведенные выше, показывают, что процедура учета всех трех видов износа предполагает определенную последовательность: первым всегда учитывают физический износ, затем функциональный и лишь потом — внешний экономический износ. Это можно объяснить следующим образом. Если ввести понятия обесценений объекта оценки $C_{и,\ физ}$, $C_{и,\ фун}$, и $C_{и,\ вн}$, вызванных физическим, функциональным и внешним экономическим износами соответственно, то стоимость подержанного оборудования в общем случае будет равна:

$$C = C_в - C_{и,\ физ} - C_{и,\ фун} - C_{и,\ вн}.$$

Это выражение приводится в формуле 3.2.27, если принять, что:

$k_{и,\ физ} = C_{и,\ физ}/C_в$;

$k_{и,\ фун} = C_{и,\ фун}/(C_в(1 - k_{и,\ физ}))$;

$k_{и,\ вн} = C_{и,\ эк}/(C_в(1 - k_{и,\ физ})(1 - k_{и,\ фун}))$.

Следовательно, при наличии всех трех видов износа определять, например, $k_{и,\ вн}$ нужно лишь после того, как $k_{и,\ физ}$ и $k_{и,\ фун}$ уже найдены.

Задания и упражнения к главе 3:

1. Каковы принципиальные отличия износа и амортизации?

2. Коэффициент физического износа в оценочной практике — это отношение суммы начисленной амортизации к первоначальной стоимости объекта.

а) верно б) неверно

3. Определить коэффициент физического износа пресса после проведения капитального ремонта, если его потребительские свойства после ремонта составили 0,7 от первоначальных. Показатель степени равен 0,7.

а) 0,22 б) 0,24 в) 0,29

4. Определить коэффициент физического износа актива, эффективный возраст которого 8 лет, остающийся срок службы 10 лет. Оценщик приходит к выводу о том, что актив будет работать и приносить пользу до конца срока службы.

а) 38% б) 42% в) 44%

Те же условия, но оценщик приходит к выводу, что актив после замены некоторых узлов (капитального ремонта) проработает больше, чем остающийся срок службы на 4 года. Коэффициент физического износа после проведенного ремонта равен:

а) 36% б) 29% в) 22%

5. Коэффициент физического износа машины до капитального ремонта 0,62. В ходе капитального ремонта заменены на новые два агрегата, удельный вес которых в стоимости машины 30%. Коэффициент физического износа после капитального ремонта:

а) 0,43 б) 0,19 в) 0,32

6. С чем связан относительный показатель уровня эксплуатационных затрат?

7. Каковы основные причины внешнего экономического износа?

8. В каком подходе учитывается обесценение, вызванное всеми видами износа?